

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(СПбГУ)

Институт наук о Земле
Кафедра геоэкологии и природопользования

Терехова Алина Валерьевна

**Эколого-геохимическая оценка компонентов природной среды
центральной части национального парка «Смоленское Поозерье»**

Магистерская диссертация

«К защите»

Научный руководитель:

к.г.-м.н., доцент кафедры экологической геологии
Зеленковский П.С.

«__» _____ 2017

Заведующий кафедрой:

д. б. н., профессор
Мовчан В.Н.

«__» _____ 2017

Санкт-Петербург

2017

Оглавление

Введение.....	3
Глава 1. Литературный обзор.....	5
Глава 2 Физико-географическое и геологическое описание территории национального парка «Смоленское Поозерье».....	12
Глава 3. Материалы и методы исследования.....	26
Глава 4. Результаты исследования и выводы.....	37
Благодарности.....	56
Список использованной литературы.....	57
Приложение 1.....	61
Приложение 2.....	64

Введение

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) являются природными комплексами, имеющими природоохранное, научное, культурное и рекреационное значение. Уникальность охраняемых природных комплексов, а также особый режим, делает природные резерваты важнейшими объектами для разнообразных исследований, в том числе и экологических.

С 2014 года сотрудниками и студентами каф. Экологической геологии ведутся работы по комплексной эколого-геохимической оценке компонентов природной среды территории национального парка (НП) «Смоленское Поозерье» (Подлипский, 2014; Кононова и др., 2015), который является ООПТ федерального значения и имеет статус биосферного резервата под эгидой организации «ЮНЕСКО». В 2015-2016 гг. при участии автора (Терехова и др., 2016а) полевые и лабораторные работы были продолжены для более подробного и полного изучения территории.

В данной работе исследуется центральная часть НП «Смоленское Поозерье». На изучаемом участке находятся основные рекреационные и хозяйственные объекты парка, (базы отдыха, а также туристические стоянки и тропы). Таким образом, своевременный контроль антропогенного изменения природной среды и оценка степени «загруженности» национального парка как рекреационного и хозяйственного ресурса является на сегодняшний день актуальным и необходимым.

Оперативное отслеживание содержаний загрязнителей, а также изучение закономерностей их распределения и миграции в природных компонентах таких объектов как особо охраняемые природные территории невозможно без четких представлений о фоновых содержаниях исследуемых элементов. Это является первоочередной эколого-геохимической задачей и служит основой для дальнейшего мониторинга окружающей среды.

Центральная часть НП «Смоленское Поозерье» является селитебной территорией с хозяйственными объектами с достаточно низкой антропогенной нагрузкой (территория ООПТ с охранным режимом). Исходя из этого, предполагается, что в данной работе результаты анализов концентраций загрязнителей в природных средах будут достаточно равномерны по всей площади участка, а также будут находиться на гораздо более низком уровне, чем ПДК. Поэтому, определяя исходную точку для дальнейшего мониторинга природной среды, необходимо выбирать для анализа наиболее буферные природные среды, в которые отражают накопленные изменения в течение долгого периода времени

(почвы, донные осадки и рыба, являющаяся вершиной пищевой цепи для водоемов, а также моллюски – фильтраторы водной взвеси).

Цели и задачи работы. Целью работы является комплексная эколого-геохимическая оценка состояния природных компонентов (почва, донные осадки, биота водных экосистем) НП «Смоленское Поозерье» как основы для усовершенствования системы дальнейшего эколого-геохимического мониторинга данной территории.

Для осуществления поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. Произвести полевой сбор проб донных отложений и почв и органов рыб
2. Выполнить анализ отобранных в 2015-2016 гг проб почв и донных отложений при помощи атомно-эмиссионного метода на валовое содержание следующих элементов, большинство из которых принадлежат к 1-2 классу опасности: Cu, Cr, Zn, Ni, As, Cd, Pb, Ni и атомно-абсорбционного метода для определения содержания в почвах подвижных форм тяжелых металлов, извлеченных аммонийно-ацетатным буфером (Fe, Cu, Cr, Zn, Ni, Cd, Pb).
3. Провести статистическую обработку всех полученных данных за 2014-2016 года, рассчитать фоновые концентрации исследуемых ТМ для почв и донных осадков
4. Исследовать закономерности площадного распределения тяжелых металлов и металлоидов (валовые концентрации и содержание подвижных форм) в почвах и донных осадках исследуемой территории, а также оценить соотношение их концентраций в данных природных средах
5. Статистически обработать результаты анализа проб органов и тканей хищных рыб (речной окунь), также моллюсков (беззубка обыкновенная) методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой на содержание тяжелых металлов и металлоидов для дальнейшего изучения состояния биологических объектов в водных экосистемах в данном районе, возможности их использования как тест-объектов для мониторинга, а также интегральной оценки сопряженной системы геохимических ландшафтов и биоты
6. Оценить текущее состояние анализируемых компонентов природной среды, разработать некоторые рекомендации по оптимизации системы мониторинга территории НП «Смоленское Поозерье»

Глава 1. Литературный обзор

1.1 История создания и функциональная организация национального парка «Смоленское Поозерье»

Так как национальный парк «Смоленское Поозерье» (НП) является ООПТ федерального значения рассмотрим федеральный закон от 14 марта 1995 г "Об особо охраняемых природных территориях". Раздел III в данном документе посвящён основным понятиям, связанным с созданием, управлением и эксплуатацией национальных парков.

Национальный парк – особо охраняемая природная территория федерального значения. В границах национальных парков выделяются зоны, в которых природная среда сохраняется в естественном состоянии и запрещается осуществление любой не предусмотренной настоящим Федеральным законом деятельности, и зоны, в которых ограничивается экономическая и иная деятельность в целях сохранения объектов природного и культурного наследия и их использования в рекреационных целях.

Основными задачами национальных парков являются:

- а) сохранение природных комплексов, уникальных и эталонных природных участков и объектов;
- б) сохранение историко-культурных объектов;
- в) экологическое просвещение населения;
- г) создание условий для регулируемого туризма и отдыха;
- д) разработка и внедрение научных методов охраны природы и экологического просвещения;
- е) осуществление государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды);
- ж) восстановление нарушенных природных и историко-культурных комплексов и объектов.

На территориях национальных парков действует режим особой охраны территорий. В этих целях устанавливается зонирование его территории с выделением:

- 1) заповедной зоны, которая предназначена для сохранения природной среды в естественном состоянии и в границах которой запрещается осуществление любой экономической деятельности;

2) особо охраняемой зоны, которая предназначена для сохранения природной среды в естественном состоянии и в границах которой допускаются проведение экскурсий, посещение такой зоны в целях познавательного туризма;

3) рекреационной зоны, которая предназначена для обеспечения и осуществления рекреационной деятельности, развития физической культуры и спорта, а также размещения объектов туристской индустрии, музеев и информационных центров;

4) зоны охраны объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации, которая предназначена для сохранения указанных объектов и в границах которой допускается осуществление необходимой для их сохранения деятельности, а также рекреационной деятельности;

5) зоны хозяйственного назначения, в границах которой допускается осуществление деятельности, направленной на обеспечение функционирования федерального государственного бюджетного учреждения, осуществляющего управление национальным парком, и жизнедеятельности граждан, проживающих на территории национального парка;

6) зоны традиционного экстенсивного природопользования, которая предназначена для обеспечения жизнедеятельности коренных малочисленных народов Российской Федерации и в границах которой допускается осуществление традиционной хозяйственной деятельности и связанных с ней видов неистощительного природопользования.

Дифференцированный режим особой охраны (функциональное зонирование) национальных парков устанавливается уполномоченным федеральным органом исполнительной власти.

«Что касается научно-исследовательской деятельности в национальных парках, то она должна включать:

- инвентаризацию
- мониторинг
- управление информацией
- научные исследования»

Данные инвентаризации природных и историко-культурных ценностей территории необходимы для установления территориальной структуры парка и разработки мероприятий по сохранению биоразнообразия, организации эколого-просветительской и

экскурсионно-туристической деятельности. Только на основе этих данных возможен выбор объектов длительного экологического мониторинга.

Национальный парк «Смоленское Поозерье» находится в северо-западной части Смоленской области. Со второй половины 18 века на данной территории происходила вырубка леса для сплава древесины по рекам за границу. В послевоенные годы здесь существовали 4 леспромхоза (72584 га), заготавлившие строевой лес и дрова. До образования ООПТ проводились интенсивные сплошные рубки леса, достигавшие в отдельные периоды до 300 000 м³ в год. На делянках бывшей интенсивной рубки до сих пор отмечается изменение механических и водно-физических свойств почв, нередко с вторичным заболачиванием. Результатом рубок также стало изменение породного и возрастного состава лесов. Ежегодный сплав тысяч кубометров древесины послужил причиной засорения русел крупных рек топляком. На данной территории разрабатывалось несколько гравийно-галечных и песчано-гравийных карьеров. С 1980-х годов стал подниматься вопрос о сохранении данного участка Смоленской области.

В 1992 году для сохранения природных комплексов в рекреационных, просветительских, научных и культурных целях на данной территории был основан национальный парк. В 1999 году НП «Смоленское Поозерье» получил статус ключевой орнитологической территории международного значения. На территории национального парка планируется создание вольной популяции в соответствии со Стратегией сохранения зубра в России.

На территории «Смоленского Поозерья» установлен дифференцированный режим охраны с учетом природных и историко-культурных особенностей. В соответствии с этим на территории НП выделены функциональные зоны (рис. 1):

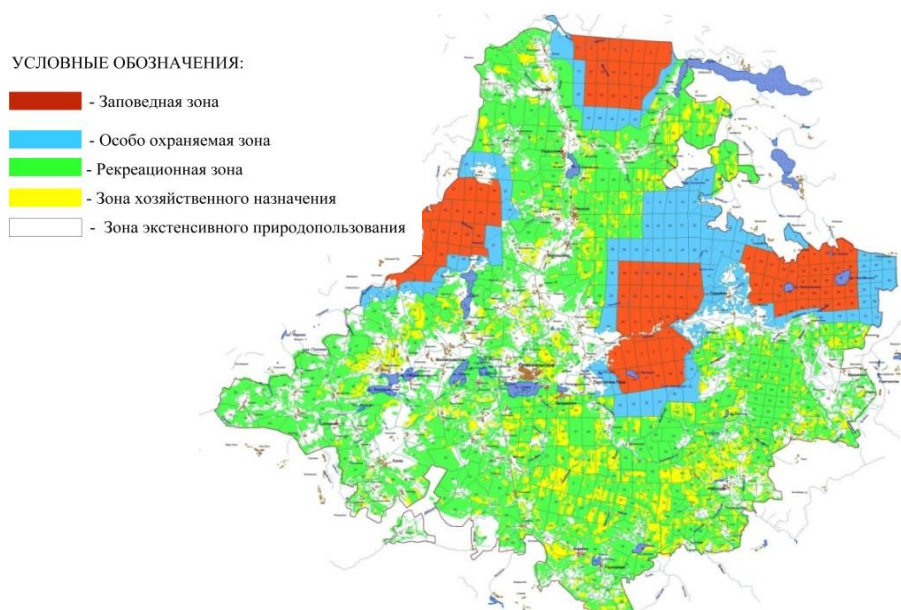


Рис.1 Карта-схем зонирования территории НП «Смоленское Поозерье»

«1. Заповедная, в пределах которой запрещена любая хозяйственная деятельность и рекреационное использование территории. Вмешательство в природную среду в заповедной зоне полностью запрещено. В заповедной зоне могут проводиться научные наблюдения и производиться работы по тушению лесных пожаров. Посещение заповедной зоны допускается по специальному разрешению, подписанному главным государственным инспектором по охране территории национального парка.

2. Особо охраняемая. Посещение особо охраняемой зоны допускается по разрешению, подписанному главным государственным инспектором по охране территории национального парка. На территории зоны допускается сбор ягод и грибов лицами, постоянно проживающими на территории НП "Смоленское Поозерье", в сроки, устанавливаемые администрацией национального парка.

3. Познавательного туризма предназначена для организации экологического просвещения и ознакомления с природными и историко-культурными объектами парка.

4. Хозяйственного назначения, в пределах которой осуществляется хозяйственная деятельность, необходимая для обеспечения функционирования национального парка и местного населения.

5. Традиционного экстенсивного природопользования. На данной территории по разрешению и согласованию с администрацией национального парка допускается ограниченная хозяйственная деятельность с целью обеспечения жизнедеятельности

граждан, постоянно проживающих (не менее 9 месяцев в году) на территории национального парка» (URL: <http://www.poozerie.ru>)

1.2. Загрязнения природных сред тяжелыми металлами и металлоидами и методы их мониторинга

Тяжелые металлы – одни из самых распространенных поллютантов. Они могут распространяться на большие расстояния, например, аэральным путем. В сельскохозяйственные угодья тяжелые металлы попадают от органических и минеральных удобрений, средств защиты растений. В различных источниках перечни элементов, относящихся к группе тяжелых металлов, разнятся (Водяницкий, 2012). Чаще всего приводят список из 19 элементов: Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Mo, Cd, Sn, Sb, Te, W, Hg, Tl, Pb, Bi. В этом списке присутствует сурьма, которая является металлоидом. К перечню также стоит добавить такой металлоид как мышьяк.

В данной работе в качестве объектов исследования были выбраны три природные среды: почва, донные осадки и биота (рыба). Остановимся более подробно на особенностях загрязнения тяжелыми металлами каждой из них.

Загрязнение почв тяжелыми металлами и металлоидами. Согласно работам Водяницкого (Водяницкий, 2005, 2012) основные антропогенные источники загрязнения почв опасными тяжелыми элементами: 1) аэральные выпадения из стационарных источников и средств передвижения; 2) гидрогенное загрязнение от поступления промышленных сточных вод в водоемы; 3) осадки сточных вод; 4) отвалы золы, шлака, руд, шламов и т.п.; 5) разливы нефти и солевых растворов в местах нефтедобычи.

Опасность также может представлять природное загрязнение почв литогенными тяжелыми металлами. В почвы могут быть напрямую обогащены некоторыми тяжелыми металлами вблизи рудных залежей или других природных положительных геохимических аномалий.

Содержание тяжелых металлов и металлоидов в почвах исследуется в двух аспектах: валовое содержание химических элементов в почвах и содержание их различных форм. Валовое содержание показывает общее санитарное состояние почв региона, служит отправной точкой для определения фоновых концентраций элементов, а также для сравнения с нормативами ПДК. Оно также показывает потенциальную опасность высоких концентраций тяжелых металлов, которые могут переходить в мобильные формы при условии изменения физико-химических условий среды.

Однако оценить опасность загрязнения на основе анализа только валового содержания нельзя. Токсическое действие опасных поллютантов зависит от форм их нахождения, характера закрепления с минеральными и органическими носителями. Среди носителей тяжелых металлов основную роль играют гумусовые вещества и глинистые минералы, а также оксиды марганца и железа.

Для оценки содержания наиболее подвижных форм тяжелых металлов и металлоидов применяют разложение проб почв для последующего анализа с помощью различных реактивов, в том числе аммонийно-ацетатного буфера с pH 4,8. Этот метод анализа позволяет оценить наиболее подвижную часть тяжелых металлов, доступных для растений и последующего вовлечения в биологический цикл. Содержание в почве подвижных форм Cr (III), Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Pb нормируется ПДК, установленными ГН 2.1.7.2041-06.

Содержание тяжелых металлов и металлоидов в донных осадках как интегральный показатель состояния водных объектов. Донные осадки являются конечной депонирующей средой. Их химические параметры, в отличие от гидрохимических, которые служат показателем состояния водного объекта на момент опробования, отражают изменения, накопленные за длительный период времени. При этом сами донные отложения могут служить источниками вторичного загрязнения вод при изменении физико-химических условий среды, когда некоторые тяжелые металлы могут стать подвижными.

Помимо этого, донные осадки - среда обитания для бентосных организмов, поэтому могут оказывать негативное воздействие на все биотические звенья водных экосистем, передаваясь по пищевым цепям и накапливаясь в живых организмах. Мониторинг содержания тяжелых металлов в донных осадках служит инструментом для решения ряда эколого-геохимических задач и оценки общего состояния окружающей среды, так как согласно классификации элементарных ландшафтов по Б.Б. Полюнову (Перельман, 1999) субаквальные (подводные) ландшафты являются конечной зоной аккумуляции химических веществ, поступающих в том числе и с наземных территорий.

Для тяжелых металлов и металлоидов в донных осадках, в отличие от почв, на данный момент не разработаны нормативы ПДК (ОДК). Поэтому при исследовании донных отложений в качестве показателей для сравнения можно использовать значения региональных и глобальных кларков, а также нормативы, разработанные для почв. В качестве ориентировочных показателей также используют скандинавские нормативы:

норвежское руководство по классификации качества окружающей среды в фиордах и прибрежных водах (Bakke, 2007). Однако необходимо обратить внимание, что все перечисленные показатели могут использоваться только как ориентировочные, с учетом физико-химических особенностей водных объектов.

Особенности накопления тяжелых металлов в живых организмах водных экосистем. Некоторые тяжелые металлы являются компонентами главнейших физиологических регуляторов живых организмов (витамины, гормоны, ферменты). Однако оптимальные физиологические концентрации металлов, как правило, измеряются микроколичествами (Газина, 2005). Характерно, что переход между стимуляцией и ингибированием биологических процессов в популяциях тяжелыми металлами происходит иногда в очень узких пределах (при удвоении природной концентрации металла) (Глазунова, 2005).

Хищные рыбы (окунь) занимают верхний трофический уровень в водоемах. Накопление большого количества тяжелых металлов в их органах и тканях свидетельствует о нарушениях во всех биологических звеньях водных экосистем. Металлы в организме рыб распределены неоднородно, это связано с физико-химическими особенностями самих элементов, а также со спецификой тканей и органов рыб.

Согласно работам (Петухов, 1983) интенсивнее всего в рыбах накапливаются такие элементы как Fe и Zn, так как эти металлы принимают участие в важнейших физиологических функциях организма, а минимальные концентрации обнаруживаются для ртути, свинца и кадмия.

Наибольшие концентрации тяжелых металлов обнаруживаются в печени и жабрах рыб. Печень является функциональным депо для Fe, Zn, Cu, также местом детоксикации Pb, Hg, а жабры напрямую принимают участие в обмене элементами между водой и живым организмом. Высокие концентрации цинка также обнаруживаются в скелете рыбы.

Такой элемент как кадмий интенсивно накапливается в сердце и жабрах рыб. Он обладает низкой способностью к выведению из организма и высокой склонностью к накоплению в органах и тканях. Для содержания токсичных веществ в органах и тканях рыбы разработаны нормативы ПДК по пищевым продуктам (СанПиН 2.3.2.1078-01, п. 1.3).

Глава 2. Физико-географическое и геологическое описание территории национального парка «Смоленское-Поозерье»

«Смоленское поозерье» - национальный парк в северо-западной части Смоленской области, в Духовщинском и Демидовском районах.

2.1 Климат

Климат НП умеренно-континентальный с тёплым влажным летом и умеренно-холодной зимой с устойчивым снежным покровом; переходные периоды хорошо выражены. Средняя годовая температура воздуха равна 4,3-4,6°C. Данная территория характеризуется наибольшим количеством осадков в области. Сумма осадков за год составляет здесь около 730 мм, увеличению количества осадков способствует наличие Слободской и Духовщинской возвышенностей, высокая лесистость территории. Преобладающие ветры южные, юго-западные и западные ветры.

2.2 Рельеф

Территория парка характеризуется ледниковым типом рельефа. Коренные девонские породы в пределах парка залегают на глубине от 40 до 130 м и практически не оказывают существенного влияния на развитие современных ландшафтов. В пределах парка проходила вторая полоса конечно-моренных образований последнего валдайского оледенения (слободская стадия).

Территория национального парка разделена на четыре элементарных ландшафта:

1) Слободской моренно-зандровой возвышенности, занимающей западную и центральную части парка.

Отличительная особенность - пестрота литогенной основы. Значительное распространение здесь имеют мелко-средне-и крупнохолмистые равнины, с различного генезиса котловинами, ложбинами стока ледниковых вод. На отдельных участках ландшафта широко представлены слабоволнистые, местами бугристые зандровые равнины, камы, озовые гряды. Последние образуют с озерными котловинами сложные грядово-котловинные комплексы. Наиболее выражены такие образования вблизи д. Бакланово, д. Никитенки, пос. Пржевальское.

2) Холмисто-моренная равнина, где облик ландшафта в целом более однообразный и менее выразительный. В южной части ландшафта преобладают зандровые равнины.

В ландшафте преобладают склоны. Около 30-40 % площади распаханых земель имеют здесь крутизну склонов более 2°.

Ландшафт дренируют наиболее крупные реки парка - Ельша и Половья, связанные с основными его озерами, отражающими наиболее крупную в области Слободскую группу озер. Площадь озер этой группы составляет примерно 20 % площади всех озер области. Для ландшафта характерна высокая залесенность; сельскохозяйственные угодья сохранились в небольшом количестве лишь вблизи населенных пунктов в центре парка.

3) Ельшанско-Свитская озерно-ледниковая и зандрово-моренная низины занимают основную территорию восточной части парка.

Отличается также значительной мозаичностью литогенной основы, но обусловленной в большей мере частой сменой озерно-ледниковых и других отложений, и лишь в отдельных местах (по р. Василевке, вблизи оз. Мохань, по бортам Духовщинской возвышенности) значительна пестрота рельефа. Его относительно пониженному положению способствует приуроченность к тектонической структуре третьего порядка - Свитской депрессии. Коренные породы, представленные девонскими известняками, доломитами, глинами, перекрыты здесь толщей четвертичных отложений, мощность которых изменяется чаще от 40 до 80 м. В пределах рассматриваемой территории валдайский ледник не отличался активностью, так как его движению препятствовала Духовщинская возвышенность. По всей видимости, здесь он распался на глыбы «мертвого» льда, с которыми связано образование озовых гряд, камов и маломощных морен. Мощность морены валдайского ледника составляет местами 2-2,5 м, иногда она размыта полностью.

Незначительную площадь в юго-восточной части территории НП занимает ландшафт Духовщинской моренно-эрозионной возвышенности.

Ландшафт приурочен к хорошо выраженной тектонической структуре третьего порядка - Духовщинскому поднятию. Последний валдайский ледник не смог преодолеть его, поэтому основная толща четвертичных отложений представлена здесь мореной и межморенными песками днепровского возраста. Почвообразующими породами служат покровные суглинки. В отдельных местах по бортам возвышенности днепровская морена перекрыта маломощными отложениями песка и супеси валдайского возраста. Данный ландшафт резко выделяется более высоким гипсометрическим положением, структурой урочищ и особенно наличием оврагов, балок, лощин. Эрозионные формы рельефа приурочены непосредственно к хорошо выраженным понижениям ландшафта Ельшанско-Свитской низины или к долинам рек. Относительное превышение высот в пограничных зонах этих ландшафтов достигает 40-50 м, иногда более.

Для ландшафта характерна более высокая густота речной сети, озера отсутствуют. Морфологически ландшафт устроен проще: основу его составляют урочища платообразных моренных равнин, перекрытых лессовидными суглинками. значительно количество урочищ логов, оврагов; малые площади занимают здесь урочища болот (особенно верховых), низин, иная морфологическая структура урочищ речных долин.

2.3 Гидрология

Территория парка относится к бассейну р. Западная Двина, включая полностью небольшие реки - притоки 3-4 порядка и их истоки. В национальном парке расположено 35 озер. Основная часть их (около двух десятков) относится к наиболее крупной Пржевальской группе (площадь 13 км²). Все они приурочены к краевым образованиям ледника Слободской возвышенности. Самыми крупными являются Сапшо, Баклановское, Рытое, Дго, Петровское, Лошамье. Средняя глубина озер 5-6 м, максимальная - 29 м (озера Баклановское, Лошамье). Котловины ледниковых озер имеют различное происхождение. Наиболее распространены котловины термокарстового происхождения, отличающиеся, как правило, значительной глубиной, неопределенной формой, неровным дном.

Наиболее крупной рекой является р. Ельша, впадающая в р. Межу - первый наиболее многоводный приток верхнего течения р. Западной Двины. Бассейн р. Ельши занимает более 80% всей площади парка. Лишь самый юг и западная его часть относятся соответственно к бассейнам рек Гобзы и Половья. Небольшая часть данной территории вдоль западной границы относятся к бассейнам р. Сертейки и других небольших рек, впадающих в р. Межу.

Основной рекой юго-запада национального парка является р. Половья, с наиболее крупным притоками р. Брус и р. Демьянка. Имея связь с оз. Петровское, Рытое и Баклановское, р. Половья отличается высокой полноводностью с самого начала.

Истоками ряда рек являются озера: оз. Петраковское - р. Ельша, оз. Щучье - р. Должица, з оз. Дго - р. Ильжица, оз. Рытое - р. Половья, оз. Баклановское - р. Брус. На этих реках нечасто бывает высокий подъем воды в весенние половодья и в летне-осенние паводки, в меженные же периоды расходы воды выше, чем на других реках.

2.4 Почвенный покров

Почвы НП «Смоленское Поозерье» относятся к южно-таежной подзоне дерново-подзолистых почв прибалтийской провинции. Почвообразующими породами служат

преимущественно ледниковые отложения, валунные суглинки, супеси, флювиогляциальные пески, озерно-ледниковые отложения.

Лёссовидные суглинки наблюдаются на всех важнейших водоразделах, развиты на абсолютных высотах 200-250 м. Мощность их изменчива и колеблется от 30-40 см до 5-6 м. Лёссовидные суглинки в центре залегания наиболее мощные и наименее опесчаненные. В верхней части выделяется элювиальный горизонт.

Песчаные валунные суглинки и супеси по своему генезису представляют собой валунно-суглинистый и валунно-супесчаный элювий морены. Элювиально-моренные супеси – маломощные (40-70 см), всегда входят в толщу почвенного профиля.

Водно-ледниковые супеси обычно маломощны (40-70 см), подстилаются моренным суглинком, чаще с промежуточным прослоем песков, в результате почвообразующая порода оказывается двухчленной и трёхчленной:

1. Супесь различной мощности.
2. Песок, обычно маломощный.
3. Моренный суглинок.

Аллювиальные и озерно-болотные отложения приурочены к современным поймам рек, представлены различными аллювиальными породами: песками, супесями и суглинками, очень редко глинами.

Озерно-болотные отложения исследованы очень мало.

В составе почвенного покрова выделены почвы подзолистого, болотно-подзолистого и болотного типов. По данным работ (Терехова и др., 2016в, Седнева, 2015) в изучаемом районе преобладают супесчаные подзолистые и дерново-подзолистые почвы, с разной степенью оподзоливания и толщиной гумусового горизонта. В большинстве почвенных разрезов наблюдается отчетливое разделение профиля на элювиальный и иллювиальный горизонты.

2.5 Животный мир

На территории парка зарегистрированы 290 видов позвоночных животных: 57 видов млекопитающих, 190 – птиц, 5 – пресмыкающихся, 10 – земноводных, 28 видов рыб. Фауна наземных позвоночных животных представляет собой комплекс видов, по своему происхождению связанный с соседними природными зонами тайги, западных широколиственных лесов, лесостепи и степи. Например, в фауне млекопитающих наряду с 20 широко распространенными видами (волком, лисицей, лаской, горностаем и др.) присутствуют степные и лесостепные (обыкновенная полевка, полевая мышь,

обыкновенный хомяк, заяц-русак), а также таежные (крошечная бурозубка, летяга и др.) виды.

В парке могут быть встречены некоторые виды птиц, занесенные в Красную книгу Российской Федерации: скопа, беркут, орлан-белохвост, змееяд, сапсан, черный аист, однако их численность очень низка. Стали редкостью лебедь-кликун, серый гусь, кобчик, перепел, серая куропатка, белая куропатка, серый журавль, дупель, филин, зимородок и некоторые другие виды птиц.

В реках, ручьях и озерах парка встречаются некоторые ценные виды рыб: сиг, кумжа и ручьевая форель, а также обыкновенный подкаменщик, занесенный в Красную книгу Российской Федерации. Некоторые особенности населения беспозвоночных животных водоемов (в частности, обилие оксифильных форм) и состав ихтиофауны свидетельствуют об относительно экологическом благополучии водной среды этого региона.

К видам, включённым в красную книгу международного союза охраны природы, относятся животные из таких отрядов как грызуны: летяга, белка обыкновенная, бобр речной, лесная соя, соя орешниковая, мышовка лесная, мышь-малютка; хищные: норка европейская, выдра; рукокрылые: вечерница рыжая, ушан бурый. (URL: <http://www.zapoved.ru>)

2.6. Геологическое строение территории

2.6.1 Стратиграфия

На территории парка установлены отложения верхнего протерозоя, девонской и четвертичной систем. Верхнепротерозойские и среднедевонские отложения вскрыты единственной глубокой скважиной в посёлке Пржевальское. Верхнедевонские отложения изучены по разрезам скважин, пробуренных во время геологической съёмки района, четвертичные отложения описаны по разрезам скважин и естественных обнажений.

Вендский комплекс. Валдайская серия

Редкинская свита (PR3rd) вскрыта в пржевальской скважине на глубине 929-984,7 м, она имеет неполную мощность 55,7 м. Представлена вверху зеленовато-черными и чёрными алевритами с прослоями песчаников светло-серых, кварцевых, мелко- и среднезернистых, переслаивающимися с аргиллитами с глинисто-карбонатным цементом. Внизу преобладают тёмно-серые тонкослоистые алевриты.

Поваровская свита. Нижнеповаровская подсвита (PR3pv1) залегает на глубине 929м и имеет мощность 109м. В подсвите выделены 4 литологические пачки: первая

(нижняя) имеет мощность 33,2 м, вторая - 22,3, третья - 41,5 м, четвёртая – 12 м. Первые три пачки имеют сходное строение и сложены переслаивающимися аргиллитами и алевролитами, имеющими незначительные отличия в цвете, зернистости и цементе; четвёртая пачка представлена светло-серыми кварцевыми мелкозернистыми песчаниками с глинисто-доломитовым цементом.

Поваровская свита. Верхнеповаровская свита (PR3pv1) залегает согласно на нижнеповаровской подсвите в интервале 734-820 м, т.е. имеет мощность 86 м. Подсвита представлена толщей зеленовато-желтовато-коричневато-серых глин. По плоскостям напластований наблюдаются многочисленные плёнки тёмно-коричневого цвета, иногда с побежалостью. В основании подсвиты залегают разнозернистые песчаники с гравием кварца.

Девонская система

Средний отдел

Живетский ярус

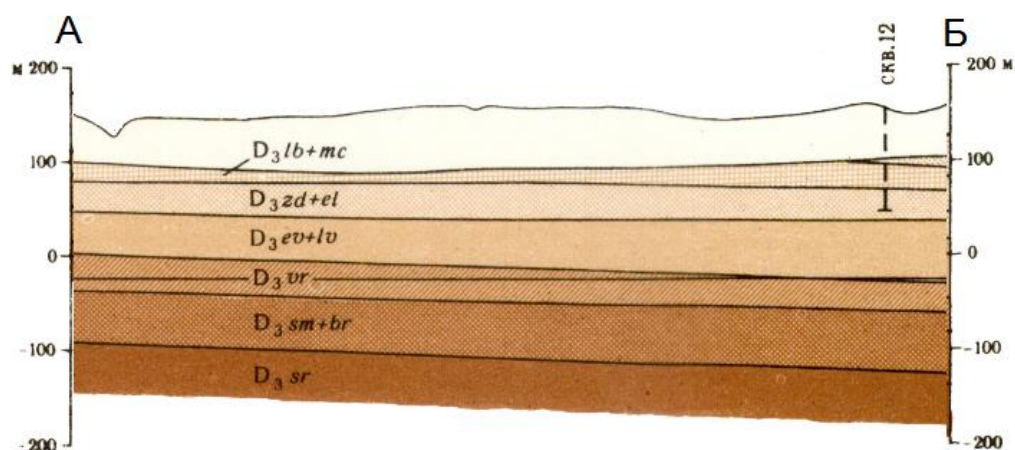


Рис.2 Разрез отложений девонской системы

Пярнуский горизонт (D2pr) выделяется на глубине 675-734 м (мощность 59 м) залегает с угловым несогласием на породах верхнего протерозоя. Горизонт представлен пестроцветными глинами с обломочным материалом, зеленовато-серыми разнозернистыми песчаниками с примесью полевых шпатов и гранатов, алевролитами, а также маломощными прослоями доломитов и мергелей.

Наровский горизонт. Нижненаровский подгоризонт (D2nr1) в пржевальском разрезе имеет мощность 47 м и представлен переслаиванием доломитов, мергелей и глин.

Литологически подгоризонт разделён на три пачки: доломитовая (нижняя) имеет мощность 14,2 м, гипсово-ангидритовая – 9,8 м, верхняя пачка мощностью 23,5 м состоит из доломитов, мергелей и глин с включением линз гипсов и ангидритов.

Наровский горизонт. Верхненаровский подгоризонт (D2nr2) имеет мощность 79 м. Граница с нижележащим подгоризонтом проведена условно по основанию пачки глин, не содержащей включений гипсов. В подгоризонте выделено три пачки: первая имеет мощность 40 м и сложена голубоватыми глинами с прослоями мергелей и многочисленными обломками лингул, панцирей и щитков рыб; вторая пачка мощностью 22 метра состоит из чередующихся мергелей, глин и доломитов с остатками брахиопод; верхняя пачка с мощностью 17 м состоит из голубовато-серых глин с остатками лингул и рыб.

Старооскольский горизонт (D2st) по данным каротажа представлен глинами, алевролитами, песками, мощность горизонта 120 м

Верхний отдел

Франский ярус

Нижефранский подъярус

Свентойский горизонт (D3sv) имеет мощность 80 м и может быть подразделён на две пачки. Нижняя пачка (60 м) представлена песками с редкими прослоями глин. Верхняя (20 м) сложена аргиллитоподобными глинами с прослоями алевроитов и песков.

Саргаевский горизонт (D3sr) мощностью 50 м сложен коричневато-серыми мелко- и среднекристаллическими доломитами. В верхней части горизонта доломиты глинистые, содержат тонкие пропластки мергелей и доломитовых глин.

Ниже- и вышефранский подъярусы

Семилукский и бурежский горизонты (D3sm+br) имеют мощность около 40 м. Нижняя граница проводится в основании зелёных глин, чётко разделяющих глинисто-карбонатные семилукско-бурежские отложения от карбонатных саргаевских. Горизонты сложены зеленовато-серыми и коричневато-серыми доломитами с фауной перекристаллизованных брахиопод, гастропод, остракод, иглокожих и кораллов. Встречаются линзы разнозернистых кварцевых песков.

Вышефранский подъярус

Воронежский горизонт (D3vr) согласно залегает на семилукско-бурежских отложениях, граница с которыми проводится несколько условно с появлением в разрезе пестроцветных глин, аргиллитов и песчаников. Мощность горизонта 40 м. Представлен он

доломитами, доломитовыми мергелями с прослоями глин, количество и мощность которых убывает снизу вверх по разрезу. Фауна представлена рыбами и лингулами.

Евлановский и ливенский горизонты (D3ev+lv) имеют суммарную мощность 60 м. Литологически делятся на две пачки: преимущественно терригенную нижнюю и верхнюю карбонатную. Нижняя пачка (40 м) состоит из зеленовато-серых глин и мергелей с прослоями доломитов, верхняя пачка (20 м) сложена доломитами с прослоями мергелей и реже глин. Для всего разреза характерно наличие линз, гнёзд и прожилок белых и розовых гипсов.

Фаменский ярус

Нижнефаменский подъярус

Задонский и елецкий горизонты (D3zd+el) имеют мощность 22-23 м. Литологически горизонты разделяют на две пачки: нижняя (13 м) сложена алевроитистыми мергелями, доломитами и глинами с прослоями кварцевых песчаников с известковистым, глинисто-доломитовым или гипсовым цементом; верхняя пачка мощностью 10 м сложена желтовато-серыми пятнистыми мелко- и среднезернистыми доломитами с остатками брахиопод.

Верхнефаменский ярус

Лебедянский горизонт и мценская толща данковского горизонта (D3lb+mc) мощностью 109 м подразделяется на три пачки. Нижняя пачка имеет мощность 8 метров и сложена глинистыми тонкослоистыми доломитами. В основании пачки светло-серые неравномерно глинистые доломиты конгломератовидного или обломочного строения с примесью зёрен кварца. Средняя пачка (18 м) сложена глинами, мергелем и доломитами, переслаивающимися в разрезе и содержащими обрывки трубчатых водорослей. Верхняя пачка мощностью 10 м представлена микро- и мелкокристаллическими доломитами.

Четвертичная система

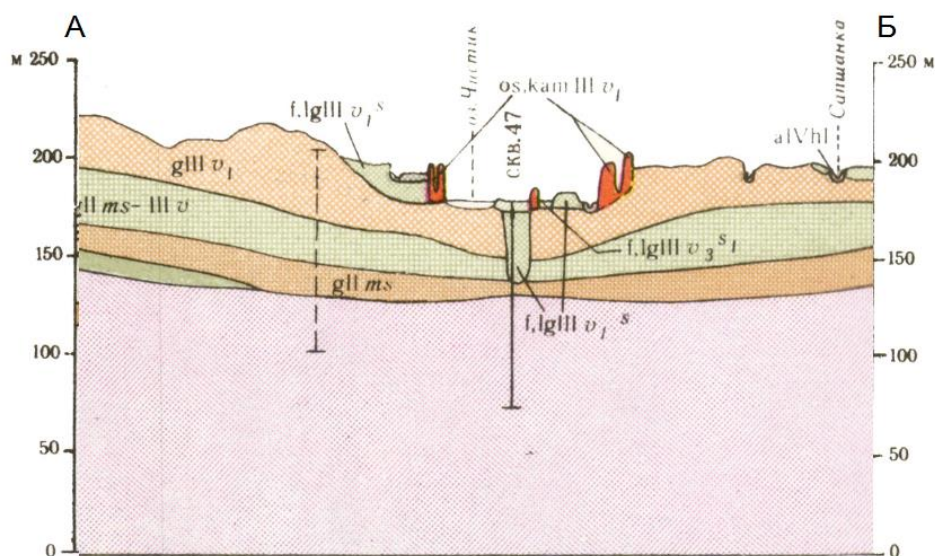


Рис. 3 Разрез отложений четвертичной системы

Днепропетровский-московский горизонты. Водноледниковые, аллювиальные и озёрные отложения (f,lgII dn-ms) сохранились преимущественно в понижениях дочетвертичного рельефа, залегая на коренных породах. Среди днепровско-московских межморенных образований присутствуют разновозрастные отложения различного генезиса: флювиогляциальные днепровского и московского ледников и озёрные образования одинцовского межледниковья

Верхнечетвертичные отложения

Валдайский надгоризонт

Нижневалдайский горизонт

Ледниковые отложения-морена (gIIIv₁) на большей части территории залегает у поверхности, где слагает возвышенные участки, местами перекрываясь водноледниковыми и аллювиальными отложениями. Средняя мощность морены 15-20 м, представлена красновато- и коричневатобурыми грубыми суглинками и супесями, содержащими большое количество валунов, гравия и гальки преимущественно кристаллических и метаморфизованных горных пород. В ряде мест в толще морены встречаются отторженцы как четвертичных, так и дочетвертичных пород.

Водноледниковые отложения времени отступления ледника (f,lgIIIv₁s) представлены разнообразными по генезису и условиям залегания осадками. Наиболее

широким распространением пользуются озёрно-ледниковые отложения, приуроченные Демиково-Касплянской низине. Мощность озёрно-ледниковых отложений 3-5 м, сложены они жёлтыми мелкозернистыми слабоглинистыми хорошо сортированными песками и глинами. На контакте с подстилающей мореной обычно уплотнены и ожелезнены.

Менее распространены осадки флювиогляционного происхождения. Они приурочены к полосе конечных морен максимальной стадии оледенения, где образуют неширокие зандровые поля. Мощность их изменчива на территории прилегающей к посёлку Пржевальское: от нескольких метров до 43,8 м в деревне Никитенки. Близ Пржевальского флювиогляциальные отложения представлены грубыми плохо сортированными песками с косой слоистостью. Часто отмечаются линзы и прослои гравийно-галечного материала.

Современные отложения

Голоцен

Озёрные отложения (IVh1) отмечаются только в крупных озёрах, таких как Сапшо, Рытое, Чистик и представлены тонкими песками, супесями.

Аллювиальные отложения (IVh1) прослеживаются вдоль рек и ручьёв, выстилающих днища балок и оврагов. Мощность пойменного аллювия меняется от 1-2 м в верховьях рек и ручьёв до 3-5 м в долинах крупных рек.

Болотные образования (hIVh1) развились на месте существовавших ранее озёрно-ледниковых котловин. В центре таких массивов наблюдаются остаточные мелкие озёра. Болотные отложения представлены тёмно-серыми мелкозернистыми сильно гумусированными песками. Мощность болотных отложений 1-3 м [7]

2.6.2 Тектоника

В структурном плане рассматриваемая территория располагается в краевой части юго-западного склона Московской синеклизы. В строении участвует два структурных комплекса: кристаллический фундамент и осадочный чехол.

По данным В.Н. Зандера, на основании гравиметрических и магнитных работ, считается, что нижний структурный комплекс сложен архейско-среднепротерозойскими сильнодислоцированными метаморфическими горными породами гранито-гнейсового состава, прорванными интрузиями основного и кислого состава и осложнёнными разрывными нарушениями.

Осадочный чехол делится на три структурных яруса: верхнепротерозойский, палеозойский и кайнозойский.

Начало формирования осадочного чехла связывают с байкальским этапом развития Русской плиты, здесь происходит накопление грубообломочных красноцветных отложений мощностью около 1000 м.

Средний структурный ярус представляет собой отложения среднего и верхнего ярусов девона. Девонские отложения погружаются от 125 до 20 м абсолютной высоты на восток-северо-восток к центру Московской синеклизы. Падение слоёв составляет 1,4 м/км.

Верхний структурный ярус осадочного чехла представлен преимущественно ледниковыми и водноледниковыми четвертичными образованиями, которые сплошным чехлом облекают породы девона.

Дифференцированные движения в пределах национального парка происходят по сей день, это доказывает неотектонический анализ, проведённый с широким использованием аэрофотоматериалов, который позволяет выделить участки, испытывающие как положительные, так и отрицательные движения, а также отдельные локальные структурные формы. Локальные поднятия имеют эллипсоидную форму размером от 5 до 21 км в длину и от 2 до 13 км в ширину. Простираение поднятий преимущественно северо-западное и северо-восточное. Чаще всего пространственно эти поднятия совпадают с локальными поднятиями верхнефранских доломитов. Кроме того, они часто совпадают с магнитными или гравитационными аномалиями [7]

2.6.3 Полезные ископаемые

Большинство полезных ископаемых района связано с четвертичными отложениями довольно значительной мощности. С плащом озёрно-ледниковых и моренных образований связаны месторождения легкоплавких глин. С обширными по площади конечными моренами и краевыми образованиями связаны залежи гравия, валунов и строительных песков различного назначения. Строительные пески преимущественно встречаются в толще межморенных и аллювиальных отложений. Торфяные залежи сосредоточены на озёрно-ледниковых равнинах, но из-за скудности эти залежи используются достаточно слабо.

Карбонатные отложения девона залегают на значительных глубинах и не являются перспективными для разработки.

Что касается палеозойских и протерозойских минеральных вод и рассолов, то эти представляют интерес для бальнеологического использования. В посёлке Пржевальское у озера Сапшо вскрыты скважинами на глубине 200 м в ливенско-евлановских слоях верхнего девона лечебно-питьевые сульфатные кальциево-магниевые воды с минерализацией 3,3-3,5 г/л [7]

2.6.4 Подземные воды

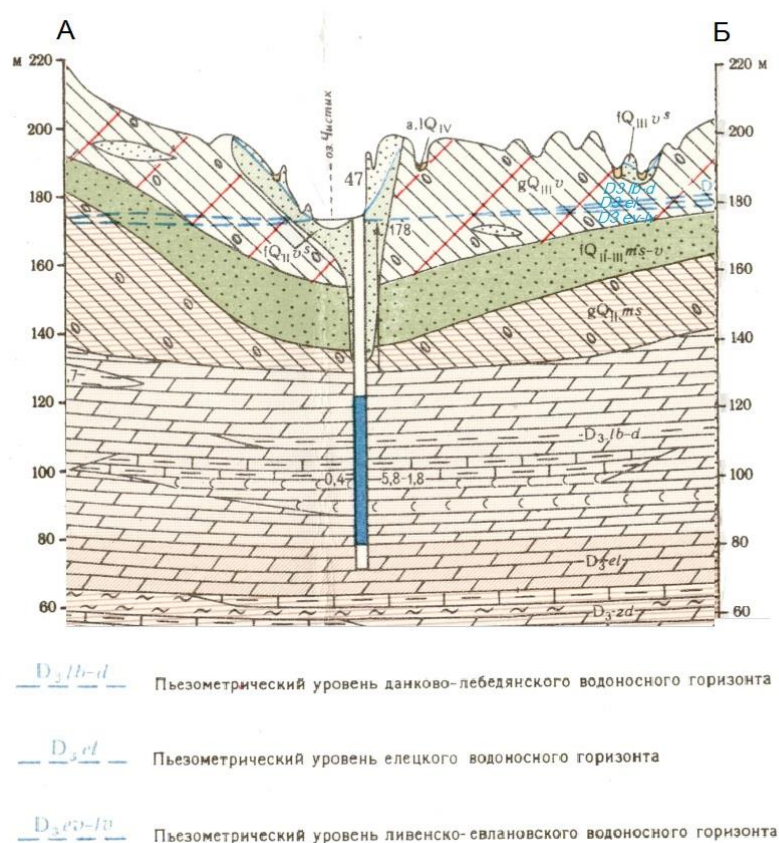


Рис. 5 Гидрогеологический разрез по скважине, пробуренной возле озера Чистик

Территория национального парка «Смоленское поозерье» принадлежит к краевой части западного склона Московского артезианского бассейна. В осадочной толще и кристаллическом фундаменте выделены 19 водоносных горизонта и комплекса и 4 региональных водоупора.

Воды современных болотных образований (hQIV) приурочены к торфяным верховым болотам и переходного типа болотам, развитым преимущественно в районах озёр (Глубое, Мутное). Воды заключены в толще торфа различной степени разложения с прослоями гумусированных песков. Коэффициент фильтрации 0,1 м/сут. Подстилаются

они валунными суглинками морены. Воды имеют бурый цвет, запах гнили, по составу являются гидрокарбонатными кальциевыми, минерализация достигает 0,5 г/л.

Современный озёрно-аллювиальный водоносный горизонт (a,IQIV) распространён в долинах рек и ручьёв и по берегам озёр. Воды грунтового типа. Водовмещающие породы представлены разнзернистыми песками, иногда глинистыми, с прослоями супесей и суглинков. Глубина залегания горизонта 0,2-1 м. Состав воды преимущественно гидрокарбонатный кальциево-магниевый с минерализацией 0,2-1 г/л.

Валдайско-московский аллювиально-флювиогляциальный водоносный горизонт (fQII-IIIms-v) распространён повсеместно, исключая территорию, прилегающую к озеру Чистик. Водовмещающими породами являются пески и супеси с прослоями глин. Коэффициент фильтрации песков составляет 11-14 м/сутки, мощность горизонта 10-20 м. на большей части территории горизонт перекрыт суглинками валдайской морены, которая обуславливает его напорный характер. Состав воды гидрокарбонатный кальциево-магниевый. Общая минерализация изменяется в пределах 0,1-0,7 г/л. Воды умеренно жёсткие и жёстки.

Московский водоупор (gQIIms) представлен валунными суглинками мощностью 10-15 м. Водоупор подстилает почти повсеместно валдайско-московский водоносный горизонт, лишь изредка спорадически обводнённую морену валдайского оледенения, а перекрывает московско-днепровский водоносный горизонт.

Данко-лебедянский водоносный горизонт (D3lb-d) приурочен к отложениям данковского и лебедянского горизонтов верхнего девона. Водовмещающие породы – доломиты с прослоями мергелей, глин, песков, песчаников. В районе посёлка Пржевальское наблюдается увеличение мощности карбонатных пород до полного их преобладания. Мощность горизонта 30-55 м. В зависимости от степени трещиноватости пород их коэффициент фильтрации варьирует от 0,1 до 18,6 м/сутки, преобладает 3-5 м/сутки. Горизонт напорный. Воды преимущественно гидрокарбонатные кальциево-магневые, с величиной минерализации 0,1-1,0, преобладают 0,4-0,6 г/л.

Елецкий водоносный горизонт (D3el) представлен доломитами, частично мергелями и глинами, в районе посёлка Пржевальское породы загипсованы. Водопроницаемость доломитов характеризуется коэффициентами фильтрации, равными 1-41, преобладают 2-7 м/сутки. Мощность водоносного горизонта изменяется за счёт дочетвертичных размывов его кровли от 1 до 25 м, преобладают 16-20 м. Сплошного водоупорного перекрытия горизонт не имеет, локальными верхним водоупором служат

валунные суглинки днепровской морены, на остальной территории водоупором служат глины и мергели, приуроченные к подошве лебедянского или кровле елецкого горизонтов. Горизонт напорный. Состав воды гидрокарбонатный кальциево-магниевый, а величина минерализации 0,4-0,6 г/л.

Задонский водоупор (D3zd) приурочен к нижней пачке глинисто-мергелистых пород нижнефаменского подъяруса верхнего девона. Водоупор представлен глинами, мергелями с прослоями песчаников и доломитов. В районе посёлка Пржевальское породы загипсованы. Мощность горизонта около 18 м.

Ливенско-евлановский водоносный горизонт (D3ev-lv) приурочен к ливенскому и евлановскому горизонтам верхнего девона. Водовмещающие горные породы представлены доломитами, большей частью загипсованными. Горизонт напорный. Состав вод сульфатный и сульфатно-гидрокарбонатный кальциево-магниевый, минерализация 1,1-8,5 г/л. Воды горизонта обладают сульфатной агрессией, в воде присутствуют бор, фтор, цинк.

Воронежско-бурегский водоносный горизонт. Верхневоронежский водоносный горизонт (D3vr2) приурочен к доломитам верхневоронежского подгоризонта верхнего девона. Водовмещающие породы представлены преимущественно доломитами. Мощность водоносных пород 6-24 м. Водоносный горизонт перекрыт мергелями и глинами нижней части ливенско-евлановского горизонта и подстилается нижневоронежскими водоупорными глинами. Подгоризонт высоконапорный. Преобладающая водопроводимость 40-73 м3/сутки. Состав воды сульфатно-гидрокарбонатный кальциевый с общей минерализацией 1,1 г/л.

Воронежско-бурегский водоносный горизонт. Нижневоронежский водоносный горизонт (D3vr1) приурочен к нижневоронежскому подгоризонту воронежского горизонта, представлен чередованием доломитов, мергелей и глин. Мощность водоупора 13-33 м.

Семилукско-саргаевский водоносный комплекс (D3sr-sm) представлен доломитами с маломощными прослоями мергелей и глин в основании. Мощность рассматриваемого комплекса составляет 88-103 м. Водоносный комплекс содержит высоконапорные воды, высота напора 222 м. Химическая характеристика воды довольно разнообразная, хотя и преобладают гидрокарбонатные кальциево-магниевые воды с величиной минерализации 0,6-0,7 г/л. Отмечаются участки с хлоридно-сульфатными водами с минерализацией 1,8 г/л.. (Геолог. карта СССР, 1977)

Глава 3. Материалы и методы исследования

При комплексной оценке состояния природной среды можно анализировать содержание химических веществ в различных природных средах.

Одни компоненты являются очень динамичными и быстро реагируют на залповые выбросы загрязняющих веществ (воздух, вода, растения-индикаторы, которые). Методики исследования таких сред обычно используются для отслеживания моментальных и долговременных выбросов загрязняющих веществ от крупных промышленных или хозяйственных объектов, которые служат источниками серьезного антропогенного воздействия.

Другие методики направлены на изучение буферных природных сред, анализ которых позволяет интегрально оценить изменения наземных и водных экосистем, накопленные за длительный промежуток времени. Такой способ оценки состояния окружающей среды применяется на исследуемом участке НП «Смоленское Поозерье», так как центральная часть парка является селитебной территорией с хозяйственными объектами с достаточно низкой антропогенной нагрузкой (территория ООПТ с охранным режимом).

На данном этапе разработки системы эколого-геохимического мониторинга необходимо определить исходное (фоновое) состояние природных компонентов данного участка, так как оперативный контроль изменений окружающей среды невозможен без выполнения данной задачи.

Территория парка находится под специальным охранным режимом с 1992 года, до этого периода она интенсивно использовалась в хозяйственных целях (см. главу 1). Поэтому на данном этапе важно оценить степень накопленных изменений окружающей среды за предыдущий период, а также интенсивность воздействия хозяйственных объектов, находящихся в центральной части национального парка. Для определения концентраций химических элементов в ходе комплексного эколого-геохимического исследования были выбраны такие природные среды как почвы и донные осадки, а также органы и ткани хищных рыб (окунь речной) и моллюски (беззубка обыкновенная).

Донные отложения и почвы являются депонирующими средами, отражающими состояние наземных и водных экосистем в течение долгого периода времени. Анализ биологических объектов с различным режимом питания (моллюски-фильтраторы и хищные рыбы) позволяет комплексно оценить состояние водной биоты в экосистеме водоемов.

Комплексный эколого-геохимический мониторинг включает в себя определение концентраций в природных компонентах таких важных загрязнителей как тяжелые металлы (ТМ) и металлоиды, которые служат важными показателями антропогенного воздействия на экосистемы. Они обладают высокой токсичностью для живых организмов даже при малых содержаниях, а также способны к биоаккумуляции.

Данная работа посвящена определению фоновых концентраций некоторых тяжелых металлов и металлоидов первого и второго классов опасности (Водяницкий, 2005) (Cu, Cr, Zn, Ni, As, Cd, Pb, Ni) в почвах и донных отложениях центральной части «Смоленского Поозерья», также будет оценена интенсивность накопления тяжелых металлов в органах и тканях живых организмов (рыба и моллюски). Полученные результаты будут являться основой для дальнейшей оптимизации администрацией национального парка системы эколого-геохимического мониторинга территории.

Описание исследуемого участка и схема отбора проб. Настоящее исследование охватывает центральную часть территории НП «Смоленское Поозерье», на которой по берегам акваторий крупнейших озер парка (Сапшо, Рытое, Баклановское) расположены основные хозяйственные и рекреационные объекты. Карта-схема участка представлена на рис. 6.



Рис.6 . Карта-схема центральной части НП «Смоленское Поозерье»

(URL: <http://www.poozerie.ru/>)

Изучаемый участок находится в пределах трех функциональных зон парка (рис.7) (рекреационная зона, зона экстенсивного природопользования и хозяйственная), описание охранного режима которых были даны в главе 1.

Рассматриваемая территория принадлежит Слободской холмисто-моренной возвышенности. Между озёрами Чистик и Рытое расположены комплексы озово-камовых образований, такие же структуры наблюдаются к югу и к западу от Баклановского озера, возле оз. Сапшо. Характерен небольшой перепад высот (от 1 до 3 м) в пределах местных водоразделов, а ближе к долинам рек, перепады высот возрастают до 5-7 м, иногда более. Моренные равнины представлены в основном пологоволнистым рельефом, нередко осложненным отдельными нечетко выраженными, но имеющими значительную высоту холмами.

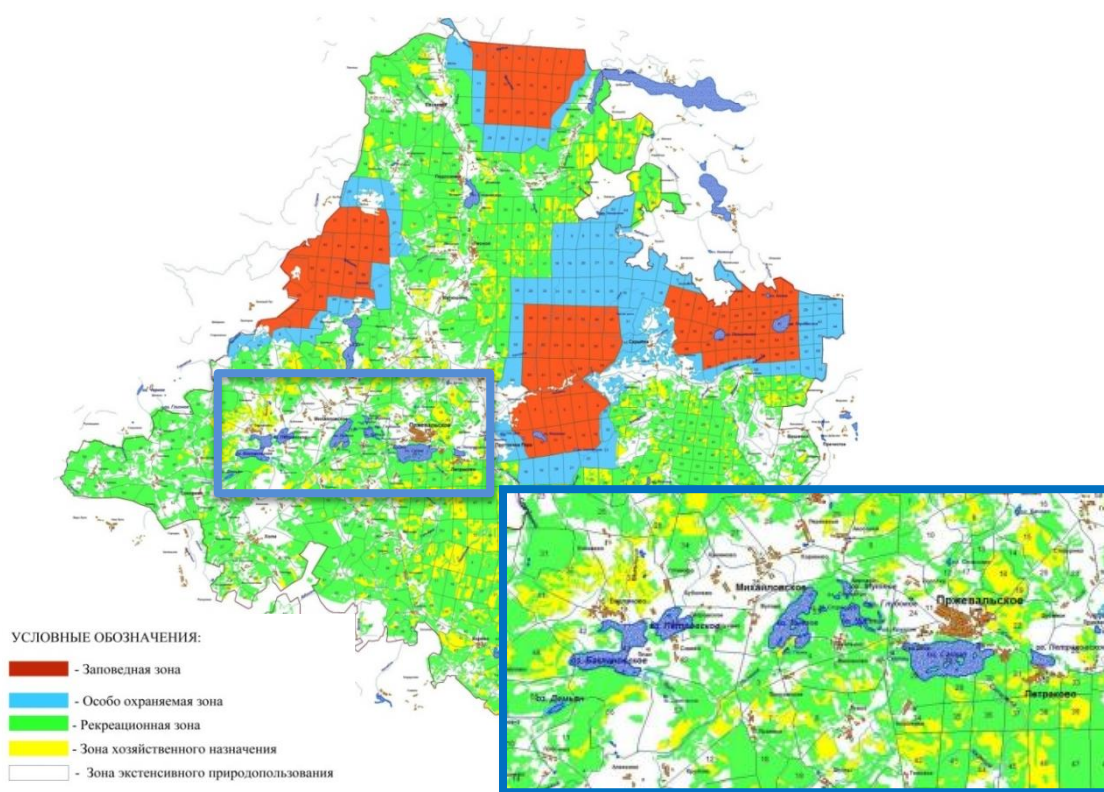


Рис. 7 Карта-схема функционального зонирования территории национального парка (URL: <http://www.poozerie.ru>)

В центральной части сосредоточены основные источники антропогенного влияния. Здесь находится несколько жилых поселков, наиболее крупным является п. Пржевальское, в котором постоянно проживает около 1500 человек. На севере поселка расположен полигон ТБО. На берегах озер Сапшо и Баклановское находятся санатории и базы

отдыха. Помимо этого здесь расположены туристические стоянки, экологические тропы и автомобильные дороги. Разработка системы эколого-геохимического мониторинга очень важна для оптимального регулирования размещения и функционирования реакционных и хозяйственных объектов на территории национального парка.

Методика отбора проб. Карта-схема отбора проб представлена на рис. 8. Отбор почвенных проб, а также проб донных отложений и органов и тканей рыб осуществлялся в течение трех полевых сезонов. Сводные данные о количестве проб и месте их отбора представлены в таблице 1.

Таблица 1

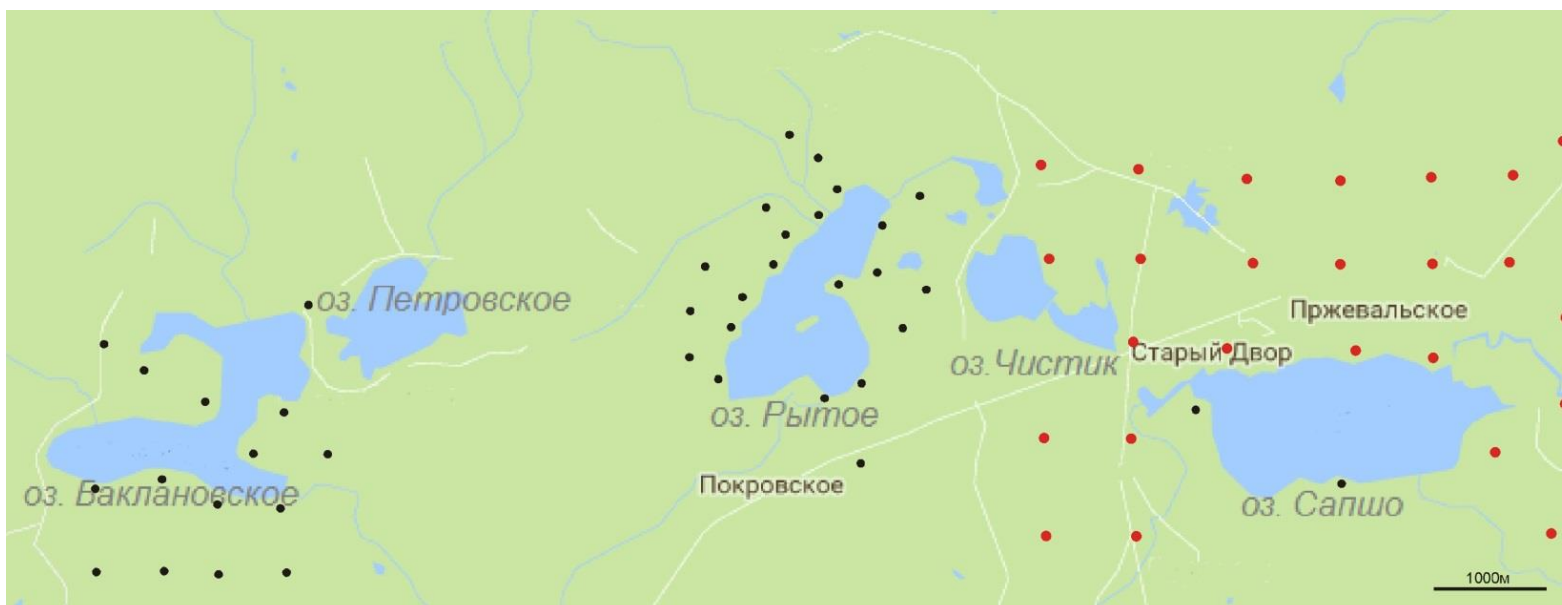
Данные о количестве и местах отбора проб в 2014-2016 гг

Пробы	Год	Место отбора	Количество
Почва (глубина 0 - 10 см)	2014	Территория полигона ТБО	18
	2015	Почвы в районе озер Рытое и Баклановское	36
	2016	Площадь вокруг озера Сапшо	24
Донные отложения	2014	оз. Сапшо	12
	2015	оз. Рытое и оз. Баклановское соответственно	10 и 24
	2016	оз. Сапшо	12
Органы и ткани рыб	2015	оз. Сапшо, Рытое, Баклановское	26
Моллюски	2015	Оз. Сапшо, оз. Рытое	16

Методика отбора проб донных отложений. В период работ пробы нестратифицированных донных осадков отбирались с различных глубин при помощи бентосного дночерпателя Ван-Вина согласно требованиям ГОСТ 17.1.5.01-80. Пробы отбирались по сети 200*200 м в тряпичные мешочки, снабжаемые этикеткой с номером пробы, а также глубины взятия пробы (промер глубины производился параллельно).

Методика отбора проб почв. В 2014 году при поверхностной геохимической съемке пробы отбирались с территории, прилегающей к полигону ТБО по сети 200*200м. (Подлипский 2014, Кононова и др. 2015). В 2015-2016гг пробы отбирались с верхнего (органогенного) почвенного горизонта (глубина 0-10 см) методом конверта по регулярной сети 1000*1000 метров соответственно ГОСТ 17.4.3.01-83 «Общие требования к отбору проб».

При отборе почв также учитывались ландшафтные особенности территории. Таким образом, для изучения площадного распределения тяжелых металлов в пределах различных элементарных геохимических ландшафтов было отобрано 25 проб почв с элювиальных ландшафтов (возвышенности, холмы, озо-камовые гряды) и 35 проб почв из элювиально-аккумулятивных и аккумулятивных ландшафтов (низины, равнины, подножия холмов).



- Пробы, проанализированные на валовое содержание тяжелых металлов
- Пробы, проанализированные на валовое содержание тяжелых металлов и на содержание подвижных форм

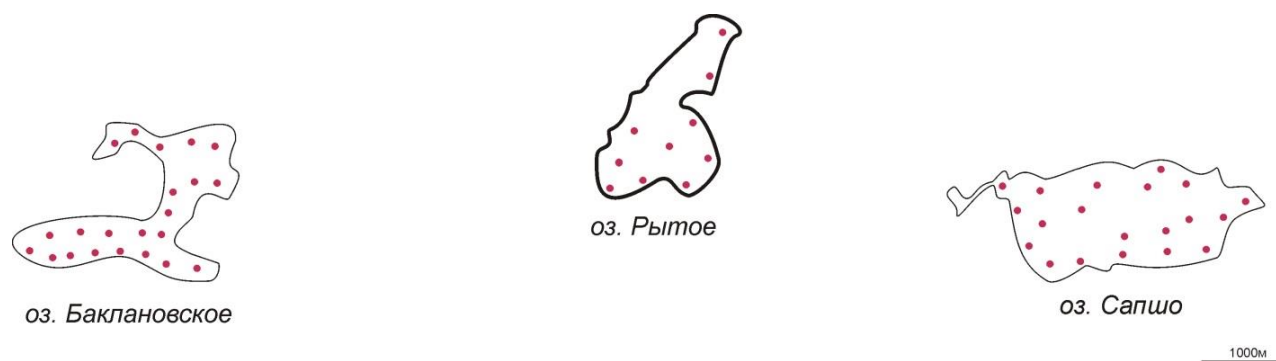


Рис.8 Карта-схема отбора проб почв и донных осадков в 2015-2016гг

Методика отбора и подготовки моллюсков, тканей и органов рыбы. В ходе полевых работ в отдельные емкости отбирались органы (печень, селезенка, жабры, сердце) и ткани (мышцы и чешуя) хищных рыб (Речной окунь *Perca fluviatilis*), которые далее заспиртовывались. Все рыбы, взятые на анализ, были откалиброваны по размерам и возрасту (3-4 года). Таким образом, в 2015 году были проанализированы органы и ткани 12 окуней из оз. Баклановское, 6 окуней из оз. Рытого, 8 окуней из оз. Сапшо. Пробы хранились в спирте до дальнейших лабораторных анализов в течение 10-14 дней.

Моллюски (беззубка обыкновенная) отбирались возле берега, далее заспиртовывались. Возраст моллюсков определялся по годовым кольцам на раковине (2-3 года).

Лабораторный анализ проб почв и донных отложений. Начальная подготовка проб донных отложений и почвы осуществлялась на базе каф. экологической геологии Института наук о Земле, а также каф. ГМПИ (Ресурсный центр «Геомодель»). Все пробы были доведены до воздушно-сухого состояния, затем измельчены до размера частиц порядка 50 мкм. Измельчение проб производилось на планетарной мельнице Pulverisette 7 в течение одной минуты на скорости вращения 400 оборотов в минуту.

Атомно-эмиссионный спектральный анализ (ICPE IS) валового содержания тяжелых металлов (Mn, Cu, Cr, Zn, Ni, As, Cd, Pb,) производился на базе ресурсного центра по направлению химия СПбГУ на приборе Shimadzu ICPE 9000. Разложение проб и приготовление холостой пробы осуществлялось в микроволновой печи минерализаторе по методике М-МВ-80-2008 (п. 3.8.4.1.) с использованием реактивов, представленных в таблице 2. Данный способ подготовки проб в закрытой посуде под воздействием микроволнового излучения позволяет избежать потерь летучих компонентов (например, As) (Водяницкий, 2012).

Таблица 2 Реагенты, использованные для разложения проб почв и донных осадков

Стадия	Масса навески, г	Реагенты	Объем, см ³	Температура, °С	Мощность, Вт	Давление, кПа (бар)	Время, мин
I	0,5	HNO ₃ конц.	5	210	1200	17500 (175)	20
		HF конц.	4				
		HCl конц.	1				
		H ₂ O	10				
II		H ₃ BO ₃ (4 %)	30	170	1200	10000 (100)	5

Далее пробы фильтровались через фильтр «синяя лента» и анализировались. 10% проб анализировались в двукратной повторности.

Валовое содержание тяжелых металлов было проанализировано в 60 пробах почвы и 58 пробах донных отложений (см. таблицу 1). Пороги обнаружения химических элементов на для данных измерений представлены в таблице 3.

Таблица 3

Пороги обнаружения химических элементов при анализе методом ICPE IS

<i>Хим. элемент</i>	Cr	Zn	Co	Pb	Ni	Cd	As	Cu
<i>Порог обнаружения (ppm)</i>	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

Атомно-абсорбционный спектральный анализ проб почвы осуществлялся на базе лаборатории каф. Геоэкологии и рационального природопользования СПбГУ на приборе Спектрометр NOVAA 300 атомно-абсорбционный, Analytik Jena. Навеска 2,5 г почвы в двукратной повторности для каждой пробы заливалась 25 мл аммонийно-ацетатного буфера с pH 4,8 по РД 52.18.289-90, выдерживалась сутки, затем фильтровалась дважды через фильтр «синяя лента» и анализировалась на приборе. Порог обнаружения для всех элементов (0,5 мг/л). Полученные результаты обрабатывались, высчитывалось среднее арифметическое параллельных измерений (допустимый предел расхождения измерений 30%). Таким образом были исследованы 25 проб почвы, отобранные вокруг озера Сапшо (рис. 8).

Масс-спектральный анализ органов и тканей рыб и моллюсков (ICPE MS). Разложение и анализ проб производился в аккредитованной лаборатории компании ЛенСтройГеология согласно ГОСТ 30178-96 и МУК 4.1.986-00.

Статистические методы анализа полученных данных. Статистическая обработка результатов исследования производилась с помощью программы Excel.

Обработка результатов анализа почв. На данный момент существуют различные подходы к установлению фоновых концентраций химических элементов.

Это значение может рассчитываться как среднее арифметическое, среднее геометрическое или медианное. Из статистики известно, что параметрическое среднее значение адекватно отражает распределение с известными границами ряда. Однако глобальное распределение тяжелых металлов и металлоидов в почвах, образовавшихся на разных породах, не отвечает этому условию. Поэтому следует подсчитывать

непараметрическое среднее; чаще всего определяют медиану. Геохимики еще в 60-годах XX в. рекомендовали при незакономерном статистическом распределении принять за фоновое содержание тяжелых металлов и металлоидов медиану (Хокс, Уэбб, 1964). В настоящее время именно медиану используют для геохимической характеристики среднего содержания тяжелых металлов и металлоидов. Среднее арифметическое значение за счет единичных «ураганных» концентраций оказывается сильно завышенным по сравнению с медианным. Это надо иметь в виду при использовании кларков по Виноградову, где приведены средние арифметические значения. Фоновые содержания тяжелых металлов и металлоидов рассчитывают отдельно для почв, отдельно для донных осадков.

Помимо этого необходимо установить различия и сходства в фоновых содержаниях тяжелых металлов в пределах разных геохимических ландшафтов, определить, происходит ли аккумулятивное химическое элементов в пониженных формах рельефа (трансэлювиальные и иллювиальные ландшафты) (Перельман, 1999).

Согласно (Кобзарь, 2008) для корректного сравнения двух выборок сначала приближенно оценивается характер распределения для каждого химического элемента (нормальное или логнормальное распределение) с помощью критериев асимметрии и эксцесса:

если $|A| \leq 3\sqrt{D(A)}$ и $|E| \leq 5\sqrt{D(E)}$, то результаты испытаний считают распределёнными нормально.

Далее для определения, являются ли различия дисперсий и средних значений выборок статистически значимыми, используются критерии Стьюдента (t- критерий) и Фишера (F-критерий) соответственно при доверительной вероятности 95%. Расчёт критериев осуществляется по формулам:

$$F = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2},$$

где σ_1^2 - большая дисперсия, σ_2^2 - меньшая дисперсия.

$$t_e = \frac{|M_1 - M_2|}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}},$$

где M_1 — среднее арифметическое первой выборки; M_2 — среднее арифметическое второй выборки; σ_1 — стандартное отклонение первой выборки; σ_2 —

стандартное отклонение второй выборки; N_1 — объем первой выборки; N_2 — объем второй выборки

Далее полученные значения сравниваются с табличными величинами. Если искомые значения критериев меньше табличных, то дисперсии и средние выборок статистически не различаются.

При изучении содержания тяжелых металлов и металлоидов в почвах «Смоленского Поозерья» оценивалась также однородность их распределения по площади изучаемого участка с помощью расчета коэффициента вариации (отношение стандартного отклонения к медиане, выраженное в процентах). В статистике считается, что если значение коэффициента вариации меньше или равно 33% выборка однородна.

Для элементов, распределение которых является достаточно неоднородным, рассчитываются коэффициенты концентрации по формуле 1 в различных точках:

$$1) K_k = K_T / K_{\phi}$$

K_{ϕ} – фоновая концентрация элемента

K_T – концентрация элемента в исследуемой точке

Это позволяет оценить систематичность появления аномальных значений, а также выявить области интенсивного накопления тех или иных тяжелых металлов.

Обработка результатов анализа компонентов водных экосистем. При изучении акваторий трех крупных озер национального парка анализировалось содержание тяжелых металлов и металлоидов в таких средах как донные осадки и биологические объекты (рыба). Исследование направлено на определение фоновых концентраций изучаемых химических элементов в донных отложениях озер, оценку интенсивности накопления тяжелых металлов и металлоидов в органах и тканях рыб, а также на поиск корреляций между содержаниями поллютантов в этих природных средах.

Расчет фоновых концентраций тяжелых металлов и металлоидов в донных осадках, а также оценка характера и однородности распределения осуществляется по тем же статистическим показателям, которые используются и для почв (медиана, среднее, коэффициент вариации, коэффициент концентрации). Для проверки статистических различий между содержанием тяжелых металлов и металлоидов в донных отложениях разных озер используются критерии Стьюдента и Фишера.

При обработке результатов анализа рыб из каждого озера рассчитывается среднее содержание тяжелых металлов в различных органах и тканях, выявляются наиболее склонные к аккумуляции части организма рыб, а также металлы, накапливающиеся в

наибольшем количестве. Количество проб с каждого озера небольшое, поэтому полученные результаты могут служить первичной оценкой данного способа мониторинга для возможности его дальнейшего использования для контроля содержания тяжелых металлов и металлоидов в водных объектах парка.

Глава 4. Результаты исследования и выводы

4.1. Результаты химического анализа почв центральной части национального парка «Смоленское Поозерье»

В результате полевых работ в 2014-2016 гг. (Седнева, 2015; Копчик 2015; Терехова 2016б) установлено, что в центральной части национального парка преобладают подзолистые и дерново-подзолистые супесчаные и песчаные почвы с разной степенью оподзоливания. Почвенный профиль в большинстве разрезов подразделяется на элювиальный и иллювиальный горизонты. Толщина органического слоя варьирует от 13 до 17 см. Мощность подзолистого горизонта 5 - 15 см.

В данной работе было проанализировано валовое содержание, а также содержание подвижных форм тяжелых металлов и металлоидов (Cu, Cr, Zn, Ni, As, Cd, Pb) в поверхностном горизонте почв центральной части «Смоленского Поозерья». Результаты анализов представлены в приложении 1.

Далее полученные данные обрабатывались статистически. Во всех пробах обнаружены такие элементы как Pb, Cu, Cr, Zn, Ni, а концентрации As и Cd оказались ниже порога обнаружения прибора. Для каждого элемента оценивался характер распределения, а также были рассчитаны средние значения выборок, медианы и коэффициента вариации. Далее результаты сравнивались с данными 2014-2015 гг. В таблице 4 приведены статистические параметры результатов 2014-2016 гг, нормативы ПДК/ОДК для некоторых тяжелых металлов, а также данные для Pb, Cd и Cu, полученные московским Институтом глобального климата и экологии РФ при мониторинге исследуемой территории в 2013 году (Обзор фонового состояния..., 2014). Однако в данном отчете не ясна выборка и сеть проботбора почв, поэтому эти данные могут служить лишь ориентировочными показателями для сравнения.

В 2014 году исследования почв проводились в пределах полигона ТБО на севере пос. Пржевальское (Подлипский, 2014), этим можно объяснить более высокие содержания таких загрязнителей как Zn, Cr и Ni. В 2015 при анализе почв рентген-флуоресцентным методом (Кононова и др., 2015в) содержания многих важных загрязнителей (As, Cd, Ni, Co, Cr) оказались ниже порога обнаружения прибора, поэтому в 2016 году для определения фоновых содержаний тяжелых металлов и металлоидов использовался более чувствительный метод анализа.

Согласно критериям асимметрии и эксцесса (см. главу 3) распределение валового содержания всех элементов не противоречит нормальному закону (для Cu -

логнормальному). По критериям Фишера и Стьюдента были оценены статистические различия двух выборок почв: 25 проб (1-25 пробы см. приложение 1), отобранных из элювиальных ландшафтов (возвышенности, вершины холмов, озо-камовых гряд) и 35 проб (26-60 пробы см. приложение 1) из транsilлювиальных и иллювиальных геохимических ландшафтов (низины, равнины). Было показано, что дисперсии и средние двух выборок статистически не различаются, а значит, принадлежат одной генеральной совокупности. Это свидетельствует об отсутствии значимого накопления тяжелых металлов в пониженных формах рельефа. В таблице 4 представлены рассчитанные значения F и t критериев.

Таблица 4

Значения критериев Фишера и Стьюдента

	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Табличное значение
F-критерий	1,5	1,0	0,4	1,1	0,8	0,9	1,8
t-критерий	2,1	1,1	0,5	0,5	0,6	1,8	2

Об однородности площадного распределения тяжелых металлов и металлоидов в почвах также свидетельствует значение коэффициента вариации. Практически у всех элементов он не превышает 40%, поэтому медианы действительно можно принимать за фоновые содержания химических элементов в почвах центральной части парка.

Среднее валовое содержание всех элементов в период 2014-2016 года не превышает установленные гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2511-09. Полученные нами результаты анализов по меди и кадмию хорошо коррелируют с данными Института РОСГИДРОМЕТ.

Для определения степени опасности и доступности тяжелых металлов и металлоидов для живых организмов было оценено процентное содержание подвижных форм исследуемых химических элементов в почвах в районе пос. Сапшо (рис.8). Как видно из результатов, представленных в таблице 5. подвижность элементов находится на достаточно низком уровне. Наиболее подвижным элементом является медь, а наименее подвижным - цинк. Содержание подвижных форм всех элементов находится ниже предельно допустимых концентраций.

Таблица 5 Результаты химического анализа почв национального парка «Смоленское Поозерье» *ГН 2.1.7.2511-09 (мг/кг)

2016 год (60 проб, ICPE IS)								
Валовое содержание	As	Cd	Co	Cr	Ni	Pb	Zn	Cu
Среднее	< 0,4	< 0,4	5	8,5	6	18,5	23	13
Медиана	< 0,4	< 0,4	5	8	6	16	24	13
Коэфф. вариации			38%	41%	40%	28%	34%	39%
ПДК/ОДК (супес. и песч. почвы)*	2	0,5			20	32	55	33
Подвижные формы								
Среднее	< 0,5	< 0,5	1,6	1	0,4	2	2	2
Медиана	< 0,5	< 0,5	0,5	0,8	0,4	1,6	1	2,0
ПДК			5	6	4	6	23	3
Подвижные/Валовое(%)			10	10	7	10	4	15
2015 год (40 проб, рентген-флуоресцентная спектроскопия)								
Валовое содержание	As	Cd	Co	Cr	Ni	Pb	Zn	Cu
Среднее	< 5	< 5	< 5	< 20	< 10	17	47	< 20
Медиана	< 5	< 5	< 5	< 20	< 10	18	36	< 20
2014 год (24 пробы, рентген-флуоресцентная спектроскопия)								
Среднее				34	17	24	49	
Медиана				34	15	24	46	
Коэфф. вариации				36%	58%	27%	25%	
2013 год								
Среднее		0,35				8,8		11,9
Диапазон концентраций		0,12 - 0,35				3,7 - 10,0		2,2 - 16

По итогам анализа 60 проб почвы центральной части национального парка «Смоленское Поозерье» методом атомно-эмиссионной спектроскопии установлены фоновые содержания (медианы) следующих тяжелых металлов и металлоидов в почвах:

Химический элемент	Фоновое содержание (мг/кг)
As	<0,4
Cd	<0,4
Co	5
Cr	8
Ni	6
Pb	28
Zn	24
Cu	13

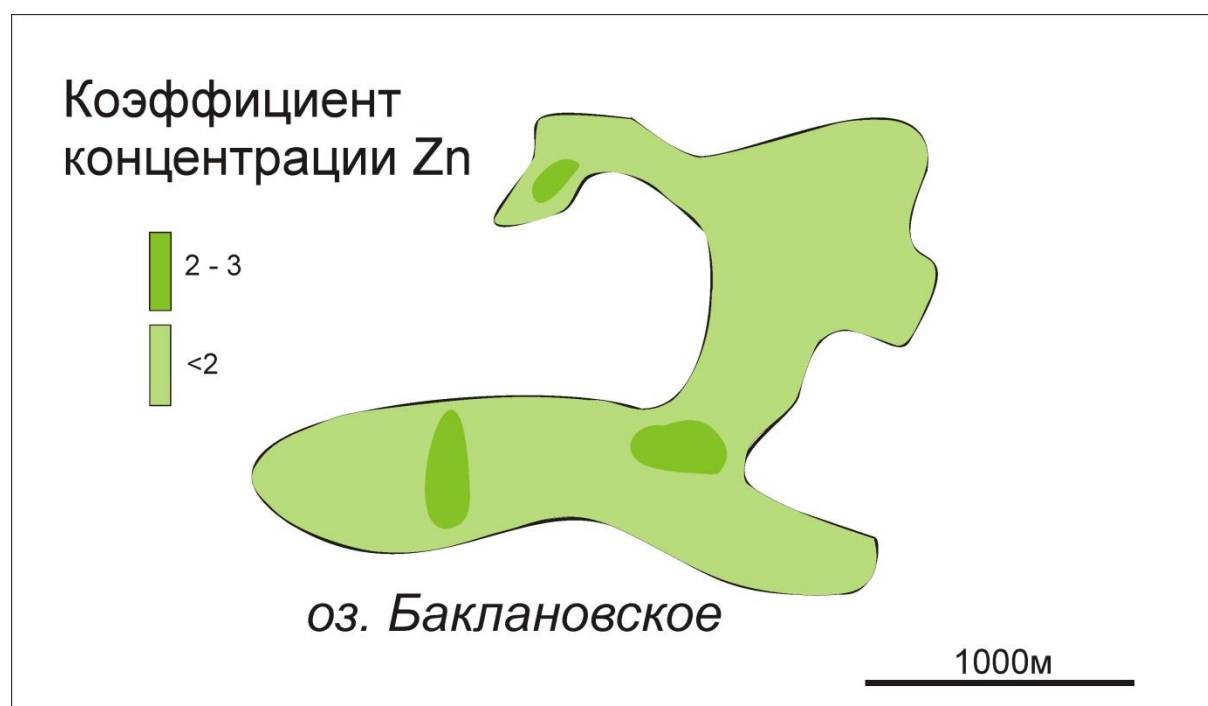
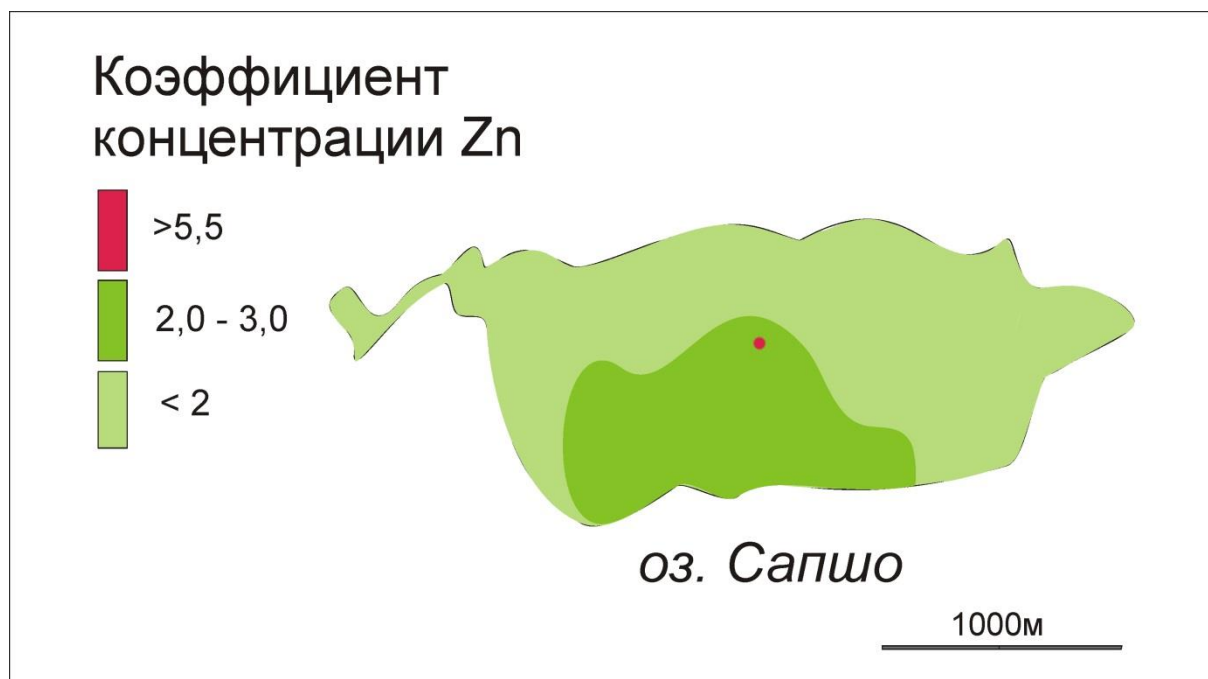
4.2. Результаты анализа состояния водных объектов центральной части национального парка «Смоленское Поозерье»

При исследовании водных экосистем парка анализировалась валовое содержание тяжелых металлов в донных осадках наиболее крупных озер (Сапшо, Рытое и Баклановское), а также в органах и тканях хищных рыб (окунь) отобранных из акваторий данных озер.

Атомно-эмиссионным методом было исследовано 24 пробы донных отложений из оз. Баклановское, 22 пробы из оз. Сапшо, а также 10 проб из оз. Рытое. Результаты анализов представлены в приложении 2. Во всех пробах проанализировано содержание Cu, Cr, Zn, Ni, As, Cd, Pb (концентрации мышьяка и кадмия оказались ниже порога обнаружения прибора). Далее полученные данные статистически обрабатывались (таблица 6).

На первом этапе было установлено, что распределения содержания химических элементов не противоречат нормальному закону. Анализ значений коэффициентов вариации в озерах Баклановское и Сапшо (более 55%) выявили неравномерное распределение цинка. Это свидетельствует о наличие зон наиболее интенсивного накопления элемента. Для наглядного выявления областей наибольшей аккумуляции цинка были рассчитаны коэффициенты концентрации элемента. Карта-схема распределения цинка по площади озер представлена на рис. 9.

Рис. 9 Схема распределения Zn в донных отложениях оз. Сапшо и оз. Баклановское



Коэффициент концентрации цинка (K_i/K_{ϕ}) в донных отложениях оз. Сапшо варьирует от 0,5-2,0 в 70% проб, 2,0-3,0 в 30% проб и в единичной пробе коэффициент концентрации превышает 5,5. Зоны наибольшего накопления цинка (в два раза-три раза выше фона) прослеживаются в восточной, северной и центральной частях озера. Точка, в которой концентрация цинка превышена в пять раз, находится в центре озера в наиболее глубокой его части (7-8 м). В целом же, четкого распределения областей накопления Zn в зависимости от глубины не наблюдается.

Для донных отложений озера Баклановское концентрация цинка превышает фоновое содержание более чем в 2 раза в 20 % проб. Эти зоны находятся в северной части озера, вблизи пос. Бакланово, а также в южной части – в районе базы отдыха Бакланово. В остальной части содержание цинка однородно и находится на уровне фона (K_k - 0,5-2).

По данным, полученным в других исследованиях (Кононова, 2017) при помощи постадийной экстракции элементов селективными вытяжками, цинк является наиболее подвижным металлом. Он обнаруживается во всех формах: легко-, умеренно- и труднодоступных. На рис. 10 наглядно показано соотношение форм, рассчитанное в процентном соотношении по среднему значению элементов в 8 пробах с оз. Сапшо, оз. Рытое и оз. Баклановское.

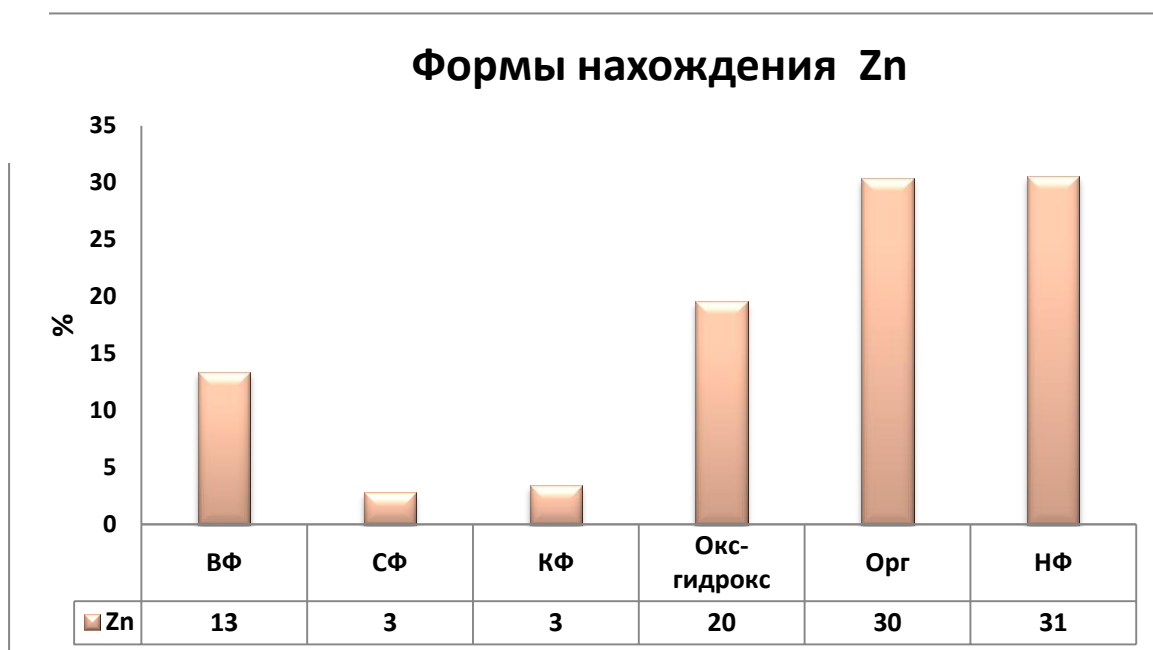


Рис. 10 Формы нахождения цинка в озерах центральной части национального парка «Смоленское Поозерье»

К легкодоступным формам относятся те, которые связаны с осадком слабыми электростатическими силами, то есть это водорастворимая, сорбированная и форма, связанная с карбонатами; к умеренно растворимым относятся легко восстанавливающиеся формы, связанные с оксидами и гидроксидами Fe и Mn, а также связанные с переходом в водную среду при разложении органического вещества. Труднодоступные формы связаны с кристаллической матрицей образца, то есть являются неподвижными (Курилов и др., 2007)

Так как цинк является наиболее подвижным тяжелым металлом в донных осадках водоемов, а также характеризуется неравномерным площадным распределением, остановимся подробнее на его геохимических характеристиках. Согласно геологическому описанию района (см. главу 3) на территории национального парка не присутствует природных источников поступления большого количества цинка в почвы и водные объекты (отсутствие рудных залежей). Более того, в почвах центральной части парка фоновое содержание Zn очень близко к фоновому уровню в донных отложениях озер. Поэтому предполагается, что основными потенциальными источниками поступления данного химического элемента в природные среды являются антропогенные объекты (хозяйственные и рекреационные).

Согласно работам Водяницкого (Водяницкий, 2005, 2012) цинк находится на 24 месте среди элементов земной коры, его кларк 76 мг/кг. Цинк – важный микроэлемент необходимый для растений, активно участвующий во многих биохимических процессах. Растения в условиях Zn-дефицита страдают хлорозом. Дефицит Zn – одна из причин низкой урожайности ряда культур. Эффективны цинковые удобрения в виде $ZnSO_4$. Содержание Zn в почвах сильно варьирует. В пахотном горизонте почв центральной части Русской равнины среднее содержание в серых лесных почвах – 63, в черноземах – 46–55, в торфянистых почвах – 16–19 мг/кг. Недостаток цинка характерен для легких лесных почв Нечерноземья, избыток – для черноземных почв. Загрязнение почв с дефицитом цинка может быть полезным для питания растений.

С другой стороны, техногенный цинк достаточно надежно закрепляется в почвах тяжелого гранулометрического состава. Близость ионного радиуса Zn^{2+} радиусам Fe^{2+} и Mg^{2+} способствует их замещению цинком в ряде слоистых структур. Техногенный Zn тяжелых почвах также становится недоступным, занимая место Al^{3+} в октаэдрических слоях алюмосиликатов. В результате техногенный оксид ZnO в почве быстро

превращается в стабильный Zn-филлосиликат. В значительном количестве цинк закрепляется гидроксидами железа и фосфатами.

Цинк попадает в окружающую среду в результате протекающих в природе процессов разрушения и растворения горных пород и минералов (сфалерит, цинкит, госларит, смитсонит, каламин), а также со сточными водами рудообогатительных заводов и гальванических цехов, производств пергаментной бумаги, минеральных красок, вискозного волокна и др. В воде существует главным образом в ионной форме или в форме его минеральных и органических комплексов. Иногда встречается в нерастворимых формах: в виде гидроксида, карбоната, сульфида и др. Многие соединения цинка токсичны, прежде всего, его сульфат и хлорид.

В пределах парка «Смоленское Поозерье» не существует промышленных объектов, однако здесь техногенный цинк может попадать в окружающую среду с бытовыми стоками и ливневыми стока с оцинкованных крыш и других деталей, бытовыми отходами, а также от автомобильного транспорта.

В донных отложениях озер национального парка цинк встречается в водорастворимой, сорбированной формах, а также в форме, связанной с карбонатами и оксидами и гидроксидами Fe и Mn.

Таблица 6

Результаты химического анализа донных отложений (ICPE IS)

	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
оз. Баклановское (24 пробы)	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг
среднее	< 0,4	< 0,4	5,0	12	8	8	34	35
медиана			5	16	8	8	32	31
коэфф. вариации			33%	33%	39%	39%	36%	61%
оз. Сапшо (22 пробы)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
среднее	< 0,4	< 0,4	6	17	17	15	30	44
медиана			6	17	16	15	30	33
коэфф. вариации			38%	32%	39%	27%	19%	56%
оз. Рытое (10 проб)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
среднее	< 0,4	< 0,4	5	15	7	11	28	26
медиана			4	17	7	14	27	27
коэфф. вариации			36%	39%	45%	39%	37%	37%

С помощью критериев Фишера и Стьюдента выявлены статистические различия средних значений для Ni и Cu между некоторыми озерами, поэтому для этих металлов фоновые содержания в некоторых случаях будут определяться отдельно.

Выборки по остальным элементам принадлежат одной генеральной совокупности, поэтому их фоновые содержания в трех озерах можно рассчитывать через медиану общей выборки.

По итогам обработки 56 проб из озер центральной части «Смоленского Поозерья» атомно-эмиссионным методом для донных осадков установлены фоновые содержания следующих тяжелых металлов и металлоидов:

Химический элемент	Баклановское	Рытое	Сапшо
Cu	7		16
Ni	8	14	
As	< 0,4		
Cd	<0,4		
Cr	17		
Pb	30		
Zn	30		
Co	5		

Анализ содержания тяжелых металлов и металлоидов в органах и тканях рыб.

Хищные рыбы, такие как окунь, являются вершиной пищевых цепей водоемов, поэтому обнаружение тяжелых металлов в их организмах помогает выявить наличие источников поступления ТМ в водную среду. Тяжелые металлы (Zn, Cd, Pb,) интенсивно концентрируются в органах и тканях рыб, поэтому некоторые металлы могут обнаруживаться только в биологических организмах, а в донных осадках находятся в очень низких концентрациях (ниже порога обнаружения). Поэтому комплексная оценка системы донные осадки-биота служит интегральным показателем состояния водной среды за долгий период времени.

В работе масс-спектральным методом были проанализированы органы и ткани окуня одинакового возраста (около 3 лет) и размера из трех озер национального парка (оз. Рытое, оз. Сапшо и оз. Баклановское). Результаты химического анализа различных частей рыб, а также их сравнение с данными химического анализа донных осадков представлены в таблице 7.

По способности накапливать различные тяжелые металлы органы и ткани рыб представляются в следующем порядке:

Химический элемент	Органы и ткани
Ni	чешуя>печень>жабры>сердце>мышцы и скелет
Co	чешуя>жабры>печень>мышцы и скелет>сердце
Zn	жабры>печень>сердце>>мышцы и скелет>чешуя
Cu	печень>жабры>чешуя>мышцы и скелет>сердце
Pb	жабры>печень>сердце, скелет, чешуя

Жабры, как орган, напрямую контактирующий с водной средой, накапливается практически все тяжелые металлы наиболее интенсивно.

Наибольшие концентрации химических элементов также обнаружены в печени рыбы, так как она является местом детоксикации элементов. Никель и кобальт, в свою очередь, наиболее интенсивно аккумулируются в покровных тканях хищных рыб (чешуя).

На рис. 11 представлена диаграмма, на которой отражено среднее содержание тяжелых металлов в органах и тканях рыб, наиболее интенсивно накапливающих данные химические элементы, в сравнении с фоновым содержанием металлов в донных осадках озер:

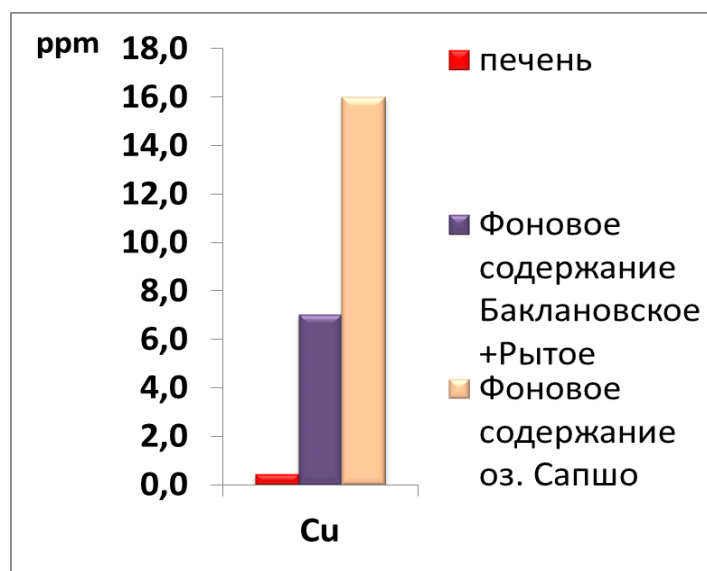
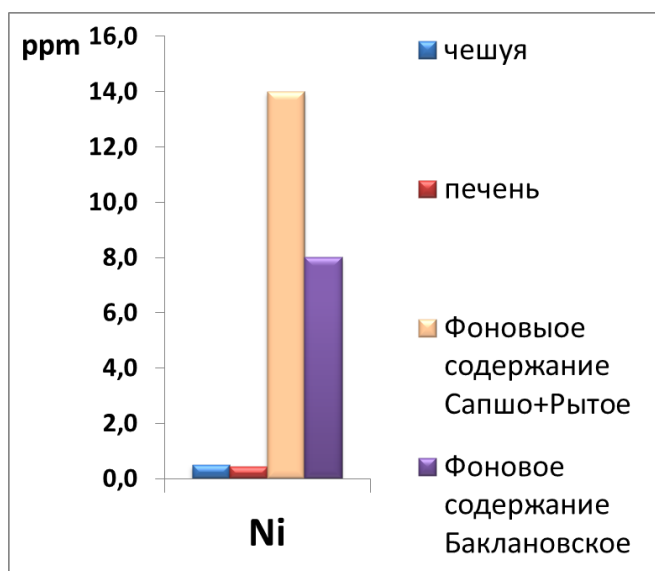
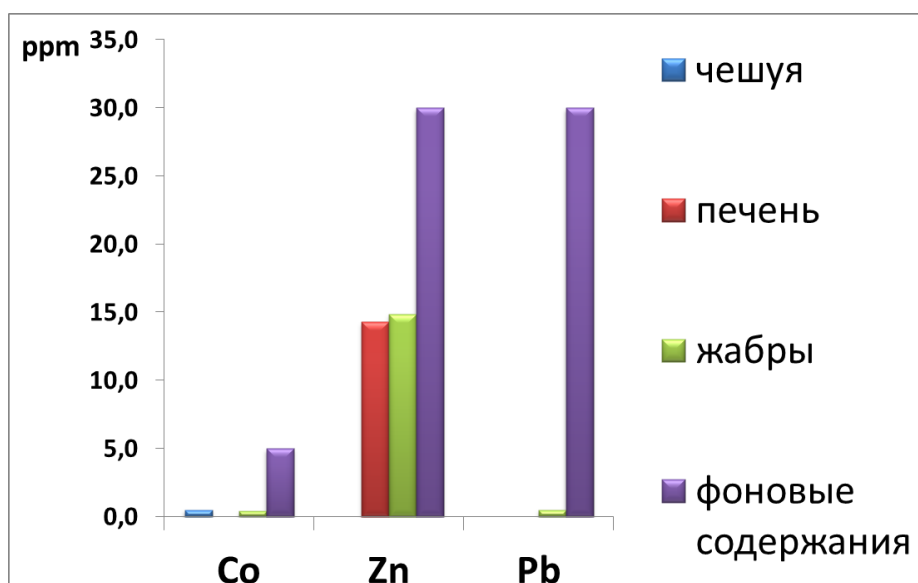


Рис. 11 Фоновые содержания тяжелых металлов в донных осадках и органах рыб озер (Баклановское, Рытое, Сапшо) национального парка «Смоленское Поозерье»

Согласно полученным данным, в наибольшем абсолютном и относительном количестве в органах и тканях рыб накапливается такой элемент как цинк. Во-первых, этот факт объясняется его важной ролью в физиологических процессах живых организмов, а во-вторых, это свидетельствует о относительно высокой подвижности и доступности цинка для живых организмов.

Помимо этого в жабрах, сердце и скелете окуней из озера Сапшо, а также скелете окуней оз. Рытого обнаружен кадмий. Хотя концентрации Cd в донных осадках озер находятся ниже предела обнаружения прибора, нахождение тяжелого металла в органах и тканях рыбы может свидетельствовать о наличии некоторых источников его поступления в водную среду. Содержание данного химического элемента, однако, ниже, чем существующие нормативы ПДК для пищевых продуктов (таблица 7).

Помимо рыбы, из оз. Сапшо и оз. Рытое были проанализированы содержания цинка и кадмия в телах моллюсков *Anodonta cygnea*, так как цинк является наиболее подвижным металлом в донных осадках, а кадмий хорошо обнаруживается именно в биологических объектах. Это позволит сравнить интенсивность накопления данных тяжелых металлов в живых организмах с различным способом питания (хищники и фильтраторы). Средние содержания тяжелых металлов в тканях моллюсков представлены в таблице 8.

Таблица 8

*Средние содержания кадмия и цинка в телах моллюсков *Anodonta cygnea*
из оз. Сапшо и оз. Рытое*

Место отбора	Тип пробы	Zn (ppm)	Cd (ppm)
р. Сапша	моллюск, тело	12,1	0,4
оз. Сапшо о. Долгий		12,8	0,2
оз. Сапшо о. Распашной		12,2	0,4
оз. Сапшо с-з пляж		12,5	0,37
оз. Рытое ю-в берег		7,6	0,4
с-в берег оз. Рытое		8,3	0,5
Среднее		10	0,4
ПДК (моллюски) СанПиН 2.3.2.1078-01			2,0

В результате химического анализа показали (ICP MS) кадмий был обнаружен во всех пробах. Его количество практически в два раза превышает содержание в органах и тканях рыб, однако находится гораздо ниже установленных нормативов ПДК.

Содержание цинка в моллюсках и рыбе находится практически на одном уровне.

Так как цинк является основным маркером антропогенного воздействия на данном участке национального парка, для наглядного представления о его миграции и наиболее интенсивном накоплении в донных отложениях водоемов была построена диаграмма его распределения между различными элементарными геохимическими ландшафтами и водными организмами на примере оз. Сапшо по двум профилям (с учетом различных коэффициентов концентрации цинка в донных отложениях и мест отбора тел моллюсков) (рис. 12) .

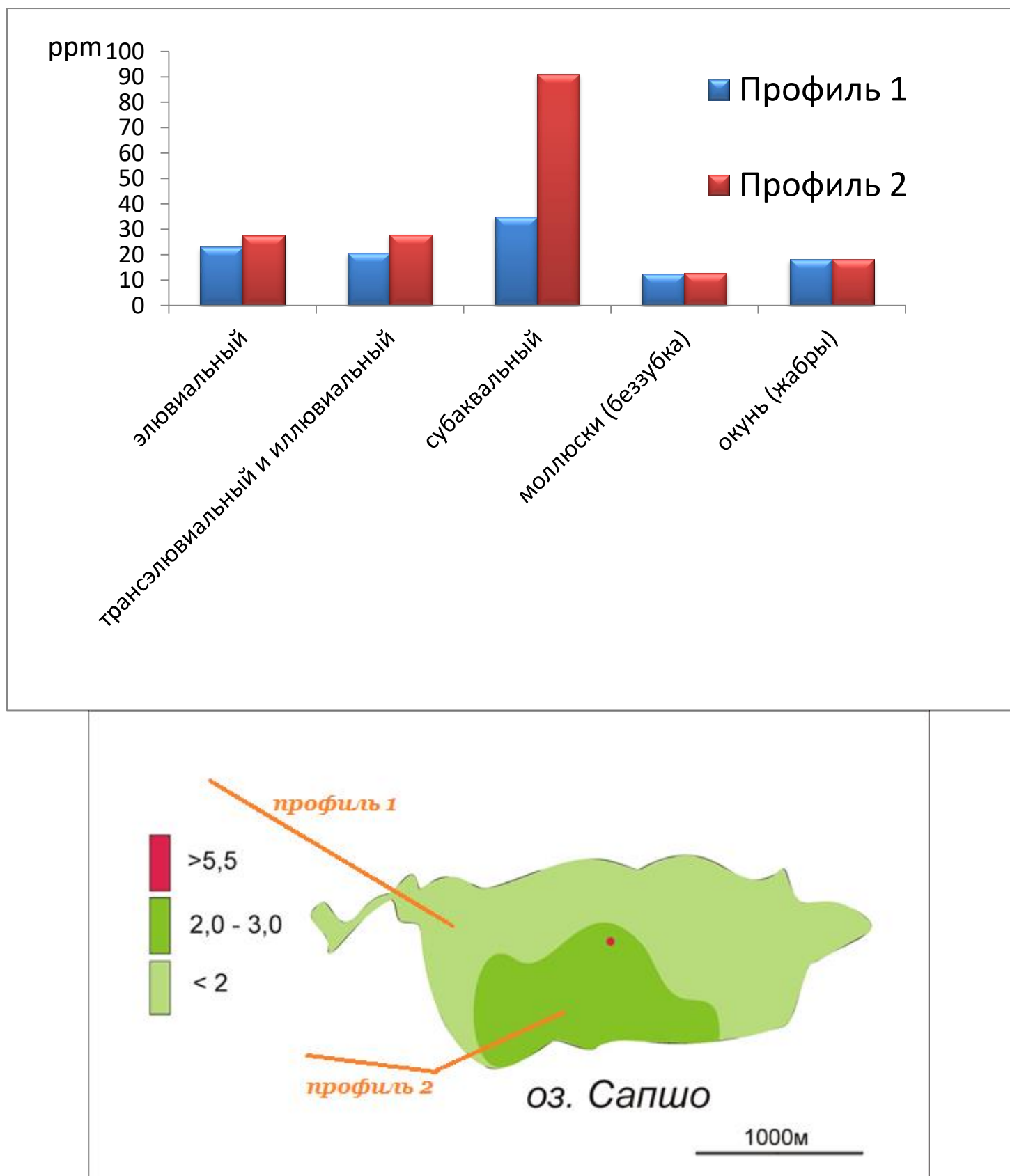


Рис. 12 Распределение цинка между различными элементарными геохимическими ландшафтами и водными организмами

Таблица 7 Результаты химического анализа органов и тканей рыб (ICPE MS) (средние содержания)

	Тип пробы	Ni (ppm)	Co (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Cd (ppm)
оз. Сапшо	жабры	0,34	0,21	18,1	0,19	0,91	0,14
	сердце	0,16	0,12	14,6	0,18	<0,1	0,10
	скелет, мясо	0,25	0,15	7,4	0,28	0,125	0,20
	чешуя	0,64	0,14	5,9	0,61	0,19	-
оз. Баклановское	жабры	0,29	0,15	14,4	0,18	0,46	-
	сердце	0,14	0,11	12,3	0,11	<0,1	-
	скелет, мясо	0,11	0,11	13,5	0,18	0,3	-
	печень	0,57	0,12	12,1	0,54	0,49	-
	чешуя	0,55	0,8	6,7	0,18	0,14	-
оз. Рытое	жабры	0,19	0,9	12,1	0,194	0,15	-
	сердце	0,11	0,1	13,5	0,15	0,11	-
	скелет, мясо	0,11	0,14	6,5	0,19	0,1	0,12
	печень	0,45	0,18	16,5	0,31	0,36	-
	чешуя	0,3	0,6	6,8	0,16	0,11	-
ПДК* (мясо, филе живой рыбы)						1	0,2
ПДК* (печень и головы рыбы, замороженные)						1	0,7

* СанПиН 2.3.2.1078-01, п. 1.3

Выводы

Эколого-геохимическая оценка состояния почв центральной части национального парка «Смоленское Поозерье». В работе рассчитаны фоновые концентрации следующих тяжелых металлов и металлоидов в почвах парка «Смоленское Поозерье»: Cu, Cr, Zn, Ni, As, Cd, Pb, Ni. Содержание кадмия и мышьяка во всех пробах оказалось ниже порога обнаружения прибора. Для всех остальных элементов статистический анализ выявил однородное площадное распределение, а также не установил значимого накопления тяжелых металлов в областях трансэлювиальных и иллювиальных ландшафтов. Результаты исследования содержания подвижных форм тяжелых металлов показали низкую подвижность химических элементов (не более 20% от валового содержания).

Кроме того, все содержания тяжелых металлов и металлоидов в почвах центральной части «Смоленского Поозерья» (валовое и подвижных форм) находятся ниже установленных нормативов ПДК, в том числе и на полигоне ТБО п. Пржевальское, где содержание никеля, хрома и цинка однородно, но находятся на более высоком уровне (в 2 раза выше фона). Локальных точек накопления токсичных элементов выявлено не было.

Эколого-геохимическая оценка состояния водных объектов центральной части национального парка «Смоленское Поозерье».

Во всех пробах донных отложений, как и почв, концентрации As и Cd находятся ниже порога обнаружения (менее 0,4 мг/кг). Для Cu и Ni установлен дифференцированный фон для разных озер. Этот факт следует учесть при будущих эколого-геохимических исследованиях. По остальным элементам значимых отличий фоновых содержаний между озерами не обнаружено.

Цинк является основным маркером общего антропогенного воздействия на территорию (наиболее интенсивно накапливающийся элемент в донных отложениях озер). Для него выявлено неоднородное распределение в оз. Бакановское и оз. Сапшо, а также наибольшая подвижность (присутствует во всех формах - легодоступные, умереннодоступные, слабодоступные). Определены зоны наиболее интенсивной аккумуляции элемента: районы рядом с п. Бакланово и базой отдыха для оз. Баклановское и центральная и северная части оз. Сапшо. Однако в этих районах концентрации цинка превышают фоновые не более чем в три раза.

По результатам анализа содержания тяжелых металлов в водных биологических объектах можно сделать следующие выводы:

- В большей степени тяжелые металлы накапливаются в жабрах и печени, а также в некоторых случаях – в чешуе рыбы.

- Наиболее интенсивно аккумулирующимся металлом оказался цинк. Он практически одинаково накапливается как в моллюсках, фильтрующих водную взвесь, так и в хищных рыбах.

- Выявленное присутствие кадмия в организмах моллюсков и рыбы интересно и требует дальнейшего более подробного изучения.

На основании полученных результатов эколого-геохимической оценки состояния природных компонентов центральной части национального парка «Смоленское Поозерье» за период с 2014 по 2016гг можно сформулировать следующие рекомендации по дальнейшей оптимизации системы эколого-геохимического мониторинга территории:

1. Для участка поселка вокруг полигона ТБО п. Пржевальское отбирать пробы почв каждый год для мониторинга содержания Zn, Cr и Ni, так как их содержания в данном районе превышают фоновые.
2. Отбор проб донных осадков осуществлять в местах наибольшего накопления Zn, так как он является основным маркером антропогенного воздействия.
3. Такие биологические тестовые объекты как речной окунь и беззубка обыкновенная оказались достаточно показательными для отслеживания содержания Zn и Cd в водных экосистемах. Так как в исследовании использовались окуни возрастом 3-4 года, мы можем рекомендовать ежегодно отбирать пробы наиболее интенсивно аккумулирующих органов окуня (жабры и печень) или тел моллюсков этого же возраста. В условиях заповедника отбор проб органов рыб и моллюсков является более простым, например, для глубоких озер, нежели донных осадков. Помимо этого, живые организмы, аккумулирующие в себе тяжелые металлы, в некоторых случаях являются наиболее интегральными показателями состояния водных экосистем.

Полученные данные о фоновых содержаниях тяжелых металлов в почвах потенциально чистой территории ООПТ могут также в будущем использоваться как региональные кларковые показатели для эколого-геохимических исследований всего региона.

Благодарности

Хочу выразить искреннюю благодарность за помощь в написании данной работы:

- Зеленковскому Павлу Сергеевичу, доценту кафедры экологической геологии
- Подлипскому Ивану Ивановичу, доценту кафедры экологической геологии
- Хохрякову Владимиру Рафаэлевичу, начальнику отдела инвентаризации и мониторинга природных комплексов национального парка «Смоленское Поозерье»
- Белозёрову Андрею Александровичу, ведущему специалисту ресурсного центра «Геомодель»
- Михайлову Александру Евгеньевичу, технику ресурсного центра «Геомодель»
- Проявкину Александру Александровичу, ведущему инженеру по организации деятельности образовательного ресурсного центра по направлению «химия»
- Григорьяну Владимиру Николаевичу, специалисту по оборудованию физических методов анализа образовательного ресурсного центра по направлению «химия»
- Кононовой Любове 2 курса магистратуры кафедры геохимии
- Гузеву Владиславу, студенту 4 курса кафедры экологической геологии

Список использованной литературы

Методическая литература

1. Водяницкий Ю.Н., Ладонин Д.В., Савичев А.Т. Загрязнение почв тяжелыми металлами. М., 2012.
2. Водяницкий Ю.Н., Изучение тяжелых металлов в почвах. – М.: ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 2005.
3. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. — М.: Физматлит, 2006.
4. Перельман А.И., Касимов Н.С., Геохимия ландшафта. – М.: Московский государственный университет, 1999.
5. Хокс Х., Уэбб Дж., Геохимические методы поисков минеральных месторождений. Москва: Мир, 1964.

Статьи в сборниках

1. Газина И.А., Особенности распределения и накопления тяжелых металлов в органах и тканях рыб // Известия Алтайского государственного университета, №3, 2005. – с. 85-86;
2. Глазунова И.А., Содержание и особенности распределения тяжелых металлов в органах и тканях рыб Верхней Оби // Известия Алтайского государственного университета, №3, 2005. – с. 20-21;
3. Кононова Л.А., Зеленковский П.С., Подлипский И.И. Методика проведения эколого-геологической оценки состояния донных отложений озера Саян (национальный парк «Смоленское Поозерье») // Материалы XV межвузовской молодежной научной конференции «Школа экологической геологии и рационального недропользования». – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2015. – С. 52-57;
4. Кононова Л.А., Зеленковский П.С., Подлипский И.И., Хохряков В.Р. Расчёт коэффициента суммарного загрязнения в почвах и донных отложениях рекреационной зоны национального парка «Смоленское Поозерье» // Материалы XVI межвузовской молодежной научной конференции «Экологические проблемы недропользования». – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2016. – С. 260-262;
5. (а) Кононова Л.А., Зеленковский П.С., Подлипский И.И., Фоновые содержания тяжелых металлов в почвах национального парка «Смоленское Поозерье» // Летопись природы. Тема: Мониторинг состояния и методы сохранения природных комплексов национального парка. - ФГБУ «Смоленское Поозерье», книга 10, 2015.

6. (б) Кононова Л.А., Зеленковский П.С., Подлипский И.И., Эколого-геохимическая оценка состояния компонентов природной среды особо охраняемых природных территорий на примере национального парка «Смоленское Поозерье» // Летопись природы. Тема: Мониторинг состояния и методы сохранения природных комплексов национального парка. - ФГБУ «Смоленское Поозерье», книга 11, 2017.
7. Копчик Г.Н., Ливанцова С.Ю. Разнообразие, свойства и экологическое качество почв лесных биогеоценозов Национального парка «Смоленское Поозерье» // Лесоведение, №3, 2003, с. 15-26;
8. Курилов П.И., Федотов П.С., Круглякова Р.П., Шевцова Н.Т. Формы нахождения тяжёлых металлов в донных отложениях Азовского моря // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. №9 – 2007. – С. 58-62;
9. Петухов, С.А. Распределение микроэлементов группы тяжелых и переходных металлов в органах и тканях рыб // Экологические аспекты химического и радиоактивного загрязнения водной среды. – М., 1983.
10. Подлипский И.И., Зеленковский П.С., Седнева Л.В. Характеристика почвенного покрова территории национального парка «Смоленское Поозерье». // Материалы «VII молодежный конгресс по итогам практик». М., 2015, с. 124-126;
11. Подлипский И.И. Методика эколого-геологической оценки территории полигона бытовых отходов (пос. Пржевальское, Смоленская область). // Материалы IV международных чтении памяти Н.М. Пржевальского: «Творческое наследие Н.М. Пржевальского и современность». Смоленск: Изд-во «Манжета», 2014, с. 120-123;
12. (а) Терехова А.В., Подлипский И.И., Зеленковский П.С., Хохряков В.Р., Разработка сети пробоотбора для комплексного эколого-геологического мониторинга территории национального парка «Смоленское Поозерье». // Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной памяти профессора В.А. Шкаликова Природа и общество: в поисках гармонии Сборник научных статей: материалы докладов. Смоленский гуманитарный университет; ответственный редактор: Е.А. Бобров. Смоленск, 2016, с. 150-155;
13. (б) Терехова А.В., Попова Е.А., Зеленковский П.С., Подлипский И.И., Хохряков В.Р. Эколого-геохимический мониторинг состояния оз. Сапшо и пос. Пржевальское. Методика. (Национальный парк "Смоленское Поозерье"). // Актуальные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии северо-запада России. Труды XXIV Молодёжной

научной конференции, посвященной памяти чл.-корр. АН СССР К.О. Кратца / Ред. Ф.П. Митрофанов. Апатиты: Изд-во: К & М, 2016, с. 197-201;

14. (в) Терехова А.В., Подлипский И.И., Зеленковский П.С., Хохряков В.Р., Геохимия Почв НП "Смоленское Поозерье". // Тезисы докладов Восьмого Молодежного Конгресса по итогам практик. Разведка и добыча горючих ископаемых, геология, география, экология, учебные практики, нефтехимия, Москва, 2016, с. 205 – 207;

Статьи в иностранных журналах

1. Bakke T. [et al.] Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann – Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter // SFT Veiledning, TA 2229/2007. 12 s. (in Norwegian)

2.

Ресурсы сети Интернет

1. Особо охраняемые территории России. URL: <http://www.zapoved.ru/> (дата обращения: 02.02.2017)
2. Национальный парк «Смоленское Поозерье». URL: <http://www.poozerie.ru/> (дата обращения: 07.02.2017)
- 3.

Фондовые материалы:

1. Геологическая карта СССР. Объяснительная записка. Лист N36-II. Москва, 1977
2. Обзор фоновое состояние окружающей природной среды на территории стран СНГ за 2013 г.// Под редакцией проф. Г.М. Черногаевой; Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Институт глобального климата и экологии, М. 2014. – с.129;

Нормативно-правовые документы:

1. ГН 2.1.7.2041-06 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве»
2. СанПиН 2.3.2.1078-01, п. 1.3 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов»
3. ГОСТ 30178-96 «Сырье и продукты пищевые. Атомно- абсорбционный метод определения токсичных элементов»

4. МУК 4.1.986-00 «Методика выполнения измерений массовой доли свинца и кадмия в пищевых продуктах и продовольственном сырье методом электротермической атомно-абсорбционной спектроскопии»
5. ГОСТ 17.1.5.01-80 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность (с Изменением N 1)
6. Федеральный закон от 14 марта 1995 г. N 33-ФЗ "Об особо охраняемых природных территориях" (с изменениями и дополнениями)

Приложение 1

Результаты атомно-эмиссионного анализа проб почв (валовое содержание)

		As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Zn	Pb
		мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг
1	16.01.43	0,4	0,4	3,9	5,9	11,5	8,4	24,5	15,34
2	16.01.45	0,4	0,4	9,7	6,2	13,9	6,2	47,1	16,21
3	16.01.31	0,4	0,4	3,9	7	12,5	4	20,2	17,2
4	16.01.59	0,4	0,4	3,4	6,1	12,4	6,6	28,6	16,1
5	16.01.33	0,4	0,4	3,9	4,2	11,6	6,4	25,6	10,4
6	16.01.34	0,4	0,4	3,5	6,6	11,6	5,5	27,6	5,2
7	16.01.36	0,4	0,4	4,3	7,3	12,4	6,4	35,4	18,9
8	16.01.32	0,4	0,4	5,9	8,0	13,4	8,76	27,4	20,2
9	16.01.49	0,4	0,4	8,6	9,8	10,5	7,5	44,6	15,2
10	16.01.25	0,4	0,4	6,8	5,6	14,6	10,6	18,3	22,2
11	16.01.38	0,4	0,4	6,2	11,1	15,0	9,9	17,7	16,2
12	16.01.22	0,4	0,4	3,7	4,1	6,7	2,2	27,6	28,1
13	16.01.26	0,4	0,4	4,4	6,8	16,3	3,4	17,8	13,2
14	16.01.37	0,4	0,4	5,2	10,7	7,3	4,32	13,8	18,3
15	16.01.27	0,4	0,4	7,4	23,9	15,0	6	27,4	6,2
16	Рыт 20	0,4	0,4	5,5	4,8	14	8,8	26,4	9,2
17	16.01.24	0,4	0,4	5,0	6,8	16	8,44	17,2	14,52
18	16.01.28	0,4	0,4	5,8	11,2	6,4	8,2	30,4	19,2
19	16.01.23	0,4	0,4	4,2	7,6	14,8	4	34,8	20,2
20	16.01.42	0,4	0,4	4,0	5,6	16,8	2,4	36	18,25
21	16.01.44	0,4	0,4	10,6	17,2	7,6	8	17,2	14,2
22	16.01.35	0,4	0,4	5,8	13,2	6,2	5,6	13,2	10,96
23	16.01.29	0,4	0,4	2,0	10,4	10,4	10,4	33,6	17,2
24	16.01.46	0,4	0,4	4,5	14,8	15,6	6,8	25,2	16,72
25	16.01.21	0,4	0,4	3,3	6	13,6	8,4	27,6	10,2
26	16.01.47	0,4	0,4	9,4	7	6,7	4,32	36,4	3,2
27	Сап 108	0,4	0,4	5,1	8	14,2	3,6	14,8	17,2
28	Сап111	0,4	0,4	4,6	6,8	14,6	9,36	27,2	16,4
29	Рыт001	0,4	0,4	9,4	14	24,2	5,2	13,6	13,5
30	Рыт019	0,4	0,4	5,7	10	12,6	9,4	36,8	17,4
31	Рыт024	0,4	0,4	7,5	5,5	14,6	5,6	20,4	16,8
32	16.01.40	0,4	0,4	5,7	4,4	9,56	8,2	13,2	17,3
33	Рыт10	0,4	0,4	4,1	3,6	3	2	24,8	14,2
34	Рыт 007	0,4	0,4	9,1	11,2	5	8,36	17,6	25,2
35	Рыт18	0,4	0,4	3,8	4,8	7,3	5	16,8	21,8

36	Рыт033	0,4	0,4	3,2	4,8	12,2	9,4	16,4	24,7
37	Рыт016	0,4	0,4	9,6	10,8	4,2	5,2	14	18,2
38	Рыт006	0,4	0,4	6,1	9,6	13,4	4,4	12	19,2
39	Рыт034	0,4	0,4	3,9	2,4	12	3,6	28	17,782
40	Рыт009	0,4	0,4	9,1	10	27,8	4,4	13,2	15,2
41	Рыт005	0,4	0,4	8,4	10,4	7,3	7,4	32	16,32
42	Рыт036	0,4	0,4	4,3	4	25,8	2,4	18,4	15,82
43	Рыт031	0,4	0,4	4,9	7,6	15,6	3,2	30	14,7
44	Рыт029	0,4	0,4	3,6	12,4	7,8	7,2	20	16,7
45	Рыт037	0,4	0,4	9,1	10	17,8	4,4	13,2	18
46	Рыт004	0,4	0,4	8,4	10,4	16,3	8,4	32	18,26
47	Рыт038	0,4	0,4	3,3	4,9	7,8	2,4	28,4	19,2
48	Рыт032	0,4	0,4	4,9	7,6	12,6	3,2	30	10,2
49	Рыт027	0,4	0,4	1,2	10,4	7,8	7,2	20	11,4
50	Бак 8	0,4	0,4	3,9	4,4	24,6	5,6	17,6	16,8
51	Бак 13	0,4	0,4	9,7	10	24,2	5,2	16,8	17,3
52	Бак9	0,4	0,4	3,9	10,4	12,6	9,2	26,4	11,2
53	Бак1	0,4	0,4	3,4	4	14,6	6	14	25,2
54	Бак2	0,4	0,4	3,9	7,6	9,9	7,2	12	21,8
55	Бак 10	0,4	0,4	3,5	11,2	21,3	2,4	18	14,7
56	Бак 15	0,4	0,4	4,3	10	25	5,2	13,2	18,2
57	Бак 20	0,4	0,4	5,9	7,4	16,3	7,4	12	29,2
58	Бак 21	0,4	0,4	6,8	4	12,2	8,6	28,4	17,8
59	Бак 23	0,4	0,4	6,6	7,6	14,2	4,4	30	5,2
60	Бак 24	0,4	0,4	6,8	10,6	10	7,2	20	13,8

Результаты атомно-абсорбционного анализа проб почв (подвижные формы)

Номер пробы	Pb ppm	Zn ppm	Cr ppm	Co ppm	Ni ppm	Cu ppm
16.01.43	0,74	0,	1,7	0,4	0,71	0,25
16.01.34	0,67	0,4	1,1	0,5	0,42	0,19
16.01.40.	1,93	0,9	2,3	0,5	1,00	0,42
16.01.21	0,92	1,6	2,1	0,5	0,23	0,69
16.01.37	0,65	0,7	1,7	0,5	0,40	1,09
16.01.44	1,22	1,3	0,9	3,5	0,42	1,45
16.01.33	1,01	1,6	0,9	3,6	0,01	1,69
16.01.23	2,16	5,8	2,3	3,5	0,46	2,04
16.01.24	7,46	8,5	0,5	3,5	0,21	2,16
16.01.47	0,21	1,8	0,8	3,6	0,60	2,09
16.01.15	1,10	3,5	2,5	3,6	0,25	2,28

16.01.29	3,13	1,9	2,1	3,6	0,25	2,93
16.01.42	1,44	0,5	0,4	3,7	0,58	0,23
16.01.22	1,64	3,1	0,4	0,3	0,36	0,54
16.01.26	0,52	1,6	0,3	0,2	0,49	3,07
16.01.36	0,97	0,7	0,7	1,3	0,63	1,30
16.01.35	1,85	0,6	0,2	3,1	0,06	1,41
16.01.32	2,05	0,4	0,8	0,3	0,20	1,95
16.01.48	2,02	0,5	0,8	2,6	0,34	2,19
16.01.46	2,81	2,2	0,5	0,3	0,38	2,44
16.01.25	1,75	1,0	0,8	0,3	0,13	2,62
16.01.38	3,18	1,1	0,5	0,3	0,22	2,97
16.01.27	2,23	2,4	0,1	0,3	0,17	2,95
16.01.28	3,54	9,8	0,7	0,3	0,43	3,14
16.01.31	1,23	0,4	0,4	0,3	0,51	3,11

Приложение 2

Результаты атомно-эмиссионного анализа проб донных осадков

оз. Рытое

Номер пробы	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг
Рыт 8	0,4	0,4	4,2	4,8	3,8	8,2	19	16,2
Рыт 3	0,4	0,4	6,2	17,7	11,96	7,3	18,56	32,6
9 рыт	0,4	0,4	7,5	11,1	7,8	5,3	33	44
10 рыт	0,4	0,4	3,9	17,2	7,4	17,8	20,1	26
14 рыт	0,4	0,4	3,7	9,7	9,32	15,9	29	17,3
1 рыт	0,4	0,4	3,5	27,5	12,1	12,3	27,8	35
12 рыт	0,4	0,4	5,6	20,1	3,7	17	27,9	17,5
13 рыт	0,4	0,4	4,5	19,7	2,3	16,8	43,1	29,3
19 рыт	0,4	0,4	7,5	16	4	15,7	26	35
20 рыт	0,4	0,4	2,7	17	8	9,6	25	27

оз. Баклановское

	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг
Бак31	0,4	0,4	6,2	15,6	9,2	10,2	21,2	53,6
Бак8	0,4	0,4	5,1	16,5	7,0	10,0	36,8	43,6
Бак12	0,4	0,4	4,8	23,1	15,6	17,9	29,8	66,8
Бак23	0,4	0,4	3,9	11,0	4,9	5,2	29,4	24,8
Бак25	0,4	0,4	4,7	12,8	11,4	6,7	32,0	29,3
Бак28	0,4	0,4	7,3	17,3	9,4	10,7	28,0	54,0
Бак1	0,4	0,4	9,2	18,0	12,0	12,2	35,6	77,6
Бак27	0,4	0,4	7,4	14,4	7,8	8,1	24,0	42,0
Бак19	0,4	0,4	5,6	9,4	7,4	7,2	22,4	40,4
Бак21	0,4	0,4	6,0	14,7	9,3	10,6	29,0	46,4
Бак14	0,4	0,4	7,6	16,2	12,1	12,8	49,4	68,0
Бак7	0,4	0,4	4,8	16,9	3,7	4,6	20,8	16,9
Бак4	0,4	0,4	4,2	10,2	5,3	3,1	28,5	13,4
Бак24	0,4	0,4	3,5	17,9	4,0	4,4	46,3	17,4
Бак17	0,4	0,4	4,9	12,8	8,2	7,6	35,2	32,1
Бак9	0,4	0,4	5,1	14,1	9,6	8,1	18,9	38,3
Бак2	0,4	0,4	4,4	10,8	8,0	7,9	15,2	30,1
Бак13	0,4	0,4	5,2	10,8	9,5	7,7	30,3	52,0
Бак10	0,4	0,4	3,6	36,2	3,4	3,1	39,4	13,9
Бак20	0,4	0,4	3,3	12,7	4,4	3,6	28,7	17,5
Бак26	0,4	0,4	3,5	16,0	4,0	3,2	40,2	21,8

Бак30	0,4	0,4	3,1	16,6	8,0	3,3	28,7	13,3
Бак11	0,4	0,4	3,3	28,3	5,5	5,0	26,3	19,9
Бак18	0,4	0,4	5,0	14,1	6,6	7,6	39,0	17,6

оз. Сапшо

	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг	мг/кг
16.01.113	0,4	0,4	7,68	25,56	27,72	22,68	29,48	94,8
16.01.111	0,4	0,4	10,32	23,52	30,64	20,80	30,1	89,6
16.01.115	0,4	0,4	7,36	11,04	17,88	18,20	30,2	24,04
16.01.116	0,4	0,4	2,888	17	24,92	15,60	36,2	23,32
16.01.105	0,4	0,4	5,792	16,8	6,48	15,24	31,2	29,92
16.01.108	0,4	0,4	6,32	17,64	15,48	12,88	24,2	56,4
16.01.104	0,4	0,4	4,12	11,08	8,52	18,44	20,2	35,08
16.01.107	0,4	0,4	5,204	17,12	14,68	15,76	22,2	33,32
16.01.110	0,4	0,4	3,38	9,72	14,28	10,72	23,2	57,2
16.01.112	0,4	0,4	8,8	27,52	25,6	21,64	35,22	91,2
16.01.109	0,4	0,4	7,56	20,08	18,52	17,32	23,65	66,4
16.01.103	0,4	0,4	6,08	19,72	20,6	19,32	30,6	71,6
Can 249	0,4	0,4	8,2	16	19,6	15,2	23,9	26,8
Can 247	0,4	0,4	4,55	20,9	15,67	11,2	32,2	21,6
Can264	0,4	0,4	7,12	15,6	23,18	13,44	35,9	22,8
Can265	0,4	0,4	10,9	13,9	10,8	12,5	30,6	60,8
Can257	0,4	0,4	5,7	13,2	19,4	9,8	31,4	13,5
Can246	0,4	0,4	4,8	14,98	10,9	44,6	39,4	19,4
Can269	0,4	0,4	5,4	14,1	12,8	10,6	38,2	40,4
Can263	0,4	0,4	2,5	9,33	10,4	3,76	41,1	180,0
Can248	0,4	0,4	4,4	10,3	14,2	8,3	34,2	29,6

Can261	0,4	0,4	4,0	25,65	20	9,76	33,2	16,0
--------	-----	-----	-----	-------	----	------	------	------